

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Développement d'une application multimédia d'aide à l'enseignement destiné aux enfants à déficience auditive.

Duchesne, Françoise; Serpe, Vincent

Award date:
1996

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**Facultés Universitaires
Notre-Dame de la Paix
Institut d'Informatique
Namur**

**Développement d'une application
multimédia d'aide à l'enseignement destiné
aux enfants à déficience auditive.**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Maître en Informatique**

**par
Françoise Duchesne et Vincent Serpe**

Promoteur : Madame M. Noirhomme-Fraiture

Année Académique 1995-1996

Errata

Page 30 : lire "Comment mettre les enfants et les adolescents sourds en mesure d'exercer le droit d'accès au bilinguisme (langue orale et langue des signes) **et** de choisir librement quelle part d'eux-mêmes (...) (O. Périer dans [LEP96])."

Page 49 : lire "Dans cette école se côtoient les langues orale et écrite **et des signes**."

Page 64 : lire "A ce moment, trois possibilités se présentent, en dehors du lancement d'une fonctionnalité **et de la** sortie de l'application :"

Page 94 : lire "Dans la fonctionnalité *Sign Recognition*, ils **ont** éprouvé encore plus de difficultés pour valider le mot qu'ils avaient introduit dans le champ d'édition."

Page 103 : lire "Ce nombre et cette séquence comprise dans le concept de problème se représentent (...) le moyen de présentation d'un signe à l'écran est également **unfilm**."

Page 107 : lire "L'intitulé *Replay Problem* du bouton a été remplacé par *Play Problem* (...) le triangle **utilisé communément sur** les commandes d'un magnétoscope."

Dans le chapitre 7, la numérotation des sections et sous-sections est erronée : il s'agit de lire respectivement **7.1.** ... au lieu de 7.2. ... et **7.2.** ... au lieu de 7.3. ...

Page 123 : lire "Cela nous a permis de mettre en évidence (...) et l'importance de la coexistence **des langues orale et écrite et des signes** pour eux."

Remerciements

Nous tenons à remercier, tout d'abord, Madame M. Noirhomme-Fraiture, notre promoteur, qui nous a guidés dans la réalisation de ce mémoire.

Nous souhaitons également témoigner toute notre gratitude à Monsieur J. Nilsson, notre maître de stage, pour le dévouement total dont il a fait preuve à notre égard. Nous désirons y associer, par la même occasion, Monsieur N. Gustafsson.

Par ailleurs, nous remercions Messieurs J. Robert et F.-X. Nève du Céplus pour l'accueil qu'ils nous ont réservé, lors de chacune de nos visites.

Nous sommes pleinement reconnaissants à Messieurs L. Goffinet et J. Vanderdonckt pour leur disponibilité et leur patience.

Enfin, nous désirons manifester toute notre amitié à celles et ceux qui nous ont soutenus et aidés durant l'élaboration de ce mémoire ainsi que nos plus vifs remerciements à nos parents.

Résumé

Ce mémoire concerne le développement d'une application multimédia d'aide à l'enseignement destiné aux enfants atteints d'une déficience auditive.

Il présente, de façon générale, le concept de déficience auditive ainsi que les modes de communication et d'éducation, accessibles aux personnes touchées par ce handicap.

Ensuite, il détaille, d'un point de vue fonctionnel et ergonomique, l'application d'apprentissage de la langue des signes, que nous avons réalisée pour des enfants malentendants ou sourds. Il met en évidence les caractéristiques auxquelles ce type d'application doit répondre : l'absence d'informations cachées et l'utilisation la plus étendue possible de représentations graphiques.

Finalement, ce mémoire envisage diverses méthodologies de développement de logiciels dans le but de déterminer si elles peuvent s'appliquer adéquatement à son domaine et s'achève en en proposant une particulièrement appropriée.

Abstract

This thesis relates to the development of a multimedia application of a teaching aid destined for children suffering from auditive deficiency.

It presents, in general, the concept of an auditive deficiency as well as communication and educational methods available to persons affected with this handicap.

Then, it details, from a functional and ergonomic point of view, the application of an apprenticeship of the sign language which we have worked out for children who are hard of hearing or deaf. It brings to the fore the characteristics to which this work must answer : the absence of hidden information and the greatest possible utilisation of graphic representations.

Finally, this thesis puts forward several software engineering methods in order to determine if they can be adequately applied in this field and finishes by proposing a particularly appropriate one.

Table des matières

Introduction	1
<i>Partie I : Déficience auditive</i>	3
Chapitre 1 : Problématique de la déficience auditive	5
1.1. Historique	5
1.2. Différents types et modes d'acquisition de la déficience auditive	8
1.2.1. Sourd ou malentendant	8
1.2.2. Période d'apparition du handicap	10
1.2.3. Surdité de transmission et/ou de perception	10
1.2.4. Causes de déficience auditive	11
1.3. Diagnostic et traitement des déficiences auditives	12
1.3.1. Diagnostic des déficiences auditives	13
A. Audiogramme	13
B. Audiométrie vocale	13
C. Mesures objectives	14
1.3.2. Les traitements des déficiences auditives	14
1.4. Modes de communication	16
1.4.1. Langue orale et écrite	16
A. Intelligibilité de la parole	16
B. Développement phonologique	17
C. Etendue du vocabulaire	17
D. Développement syntaxique	18
E. Développement sémantique	19
F. Conclusion	20
1.4.2. Langue des signes	21
A. Présentation	21
B. Apparition des premiers signes	23
C. Acquisitions linguistiques	23
D. Dactylologie	25
1.4.3. Oralisme et communication gestuelle spontanée	26
1.4.4. Perception de la parole par les yeux	27
A. Lecture labiale	27
B. Langage Parlé Complété (LPC)	28
1.4.5. Communication totale	29
1.5. Education des enfants à déficience auditive	30
1.5.1. Méthodes �ducatives	30
1.5.2. Ecole maternelle	31
A. Choix du type d'enseignement	31
B. Interactions entre enseignants et enfants	32
1.5.3. Education bimodale unilingue	34
1.6. Conclusion	38
Chapitre 2 : Déficience auditive et informatique	39
2.1. Apprentissage de la parole	39
2.1.1. Animation informatique pour l'enseignement de la lecture labiale	39
2.1.2. Aide d'entraînement à la parole	40
2.2. Aide à la communication	41
2.2.1. Vidéophone	41
2.2.2. Système de traduction de la langue des signes	43
2.3. Dictionnaires de signes	45

Partie II : Réalisation d'une application d'aide à l'enseignement de la langue des signes destinée aux enfants à déficience auditive	47
Chapitre 3 : Spécification de l'application	49
3.1. Remarques générales en vue de la réalisation de l'application	49
3.1.1. Films présentant les traductions gestuelles	49
3.1.2. Transcription du signe présenté	50
3.2. Spécification de la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	50
3.3. Spécification de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	51
3.4. Spécification de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	51
Chapitre 4 : Présentation de l'application réalisée	53
4.1. Réalisation des films pour l'application	53
4.2. Principes de base de l'interface et des différentes versions réalisées	54
4.2.1. Principes de base de l'interface	54
A. Zone de travail	54
B. Zone d'identification de la fonctionnalité	55
C. Zone de commentaires d'utilisation	55
4.2.2. Caractérisation des différentes versions	56
A. Barre de menu	56
B. Boutons permanents	57
4.3. Présentation des fonctionnalités réalisées	59
4.3.1. Remarques préliminaires	59
4.3.2. Présentation de la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	59
A. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	60
B. Présentation détaillée et exhaustive de l'interface de la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	61
C. Schéma comportemental de la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	63
4.3.3. Présentation de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	65
A. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	65
B. Présentation détaillée et exhaustive de l'interface de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	67
C. Schéma comportemental de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	73
4.3.4. Présentation de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	75
A. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	75
B. Présentation détaillée et exhaustive de l'interface de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	76
C. Schéma comportemental de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	87
Chapitre 5 : Evaluation de l'application	91
5.1. Présentation de la méthode utilisée	91
5.2. Evaluation avec le groupe d'enfants avancés	92
5.3. Evaluation avec le groupe d'enfants moins avancés	94
5.4. Confrontation avec une méthodologie d'évaluation de logiciel	95
5.5. Conclusion	96
Chapitre 6 : Adaptation de l'application et perspectives	99
6.1. Principes suivis pour l'adaptation	99
6.2. Choix du mode d'interface globale	101
6.3. Adaptation de l'interface	104
6.3.1. Adaptation des boutons de commande	104
6.3.2. Adaptation des messages de correction	109
6.3.3. Adaptation des messages d'attention et d'arrêt	111
6.3.4. Adaptation de l'information de guidage de l'utilisateur	112
6.4. Perspectives pour des évolutions futures	113
6.4.1. Constitution d'un système d'aide adapté	113
6.4.2. Présentation de démonstrations	114

Chapitre 7 : Réflexion méthodologique	115
7.1. Présentation du cas particulier de notre application	115
7.2. Détermination d'une méthodologie appropriée	116
7.2.1 Modèle de la cascade	116
7.2.2. Approche par prototypage	117
7.2.3. Méthodologie alternative	117
7.2.4. Méthodologie proposée	120
 Conclusion	 123
 Bibliographie	 125

Table des figures

Figure 4-1. Organisation générale de l'écran type de l'application	56
Figure 4-2. Modes d'interface globale des deux versions de l'application	58
Figure 4-3. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	60
Figure 4-4. Ecran associé à la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	61
Figure 4-5. Message d'attention en cas d'introduction d'un mot alors que le champ d'édition n'est pas actif	62
Figure 4-6. Message d'arrêt en cas d'introduction d'un mot non contenu dans le système	63
Figure 4-7. Schéma comportemental de la fonctionnalité <i>Learning Signs</i>	65
Figure 4-8. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	66
Figure 4-9. Ecran de base de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	67
Figure 4-10. Ecran après trois mauvaises réponses ou plus dans la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	69
Figure 4-11. Ecran lors de la présentation de la solution par le système dans la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	70
Figure 4-12. Ecran final de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	72
Figure 4-13. Schéma comportemental de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	74
Figure 4-14. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	76
Figure 4-15. Les versions boîtes à cocher et listes de sélection de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	78
Figure 4-16. Message d'attention en cas de sélection d'un trop grand nombre de mots	80
Figure 4-17. Ecran après trois mauvaises réponses ou plus dans la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	81
Figure 4-18. Ecran lors de la présentation de la solution par le système dans la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	83
Figure 4-19. Combinaisons de couleurs	84
Figure 4-20. Ecran lors de la présentation de la traduction individuelle d'un mot inclus dans l'énoncé du problème dans la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	85
Figure 4-21. Ecran final de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	87
Figure 4-22. Schéma comportemental de la fonctionnalité <i>Problem Recognition</i>	89
Figure 6-1. Nouvel écran de présentation	102
Figure 6-2. Adaptation du bouton <i>OK</i>	105
Figure 6-3. Adaptation du bouton <i>Try Again</i>	106
Figure 6-4. Adaptation du bouton <i>Solution</i>	106
Figure 6-5. Adaptation du bouton <i>Check</i>	107
Figure 6-6. Adaptation du bouton <i>Continue</i>	107
Figure 6-7. Adaptation du bouton <i>Replay Problem</i>	108
Figure 6-8. Adaptation du bouton <i>Replay Sign</i>	108
Figure 6-9. Nouveau message en cas de mauvaise réponse	109
Figure 6-10. Nouveau message en cas de présentation de la solution par le système	110
Figure 6-11. Nouveau message en cas d'une bonne réponse	110
Figure 6-12. Nouveau message en fin de la fonctionnalité <i>Sign Recognition</i>	111
Figure 6-13. Nouveau message en cas d'introduction d'un mot lorsque le champ n'est pas actif	111
Figure 6-14. Nouveau message en cas d'introduction d'un mot non contenu dans le système	112
Figure 6-15. Nouveau message en cas de sélection d'un trop grand nombre de mots	112
Figure 7-1. Méthodologie utilisée pour le développement de la borne interactive Télémaque	118
Figure 7-2. Méthodologie proposée	121

Introduction

Dans le cadre de ce mémoire, il nous a été demandé de développer une application multimédia d'aide à l'enseignement destiné aux enfants à déficience auditive. Celle-ci a été développée pour servir dans le cadre du cours de mathématiques dans une école spécialisée de Lund en Suède. Cette application a pour but l'apprentissage de signes relatifs à des mots ou des expressions rencontrés dans le cadre de problèmes mathématiques.

Ce mémoire est divisé en deux parties : l'une, plutôt théorique, qui présente la déficience auditive sous divers aspects et l'autre qui traite de la réalisation de l'application.

La première partie du mémoire, présentant la déficience auditive, se compose de deux chapitres.

Toute la problématique de cette déficience est traitée au chapitre 1. Nous abordons ainsi sa perspective historique, ses types et modes d'acquisition, ses diagnostics et traitements ainsi que les modes de communication et les possibilités d'éducation accessibles aux personnes qui en sont atteintes. Il est, en effet, important de se rendre compte de toutes les difficultés que rencontrent les enfants à déficience auditive, dans l'optique du développement d'une application qui leur est destinée.

Dans le chapitre 2, nous exposons divers projets informatiques, déjà développés ou en cours de développement, qui, d'une manière ou d'une autre, peuvent apporter une aide appréciable pour les personnes à déficience auditive.

La seconde partie, présentant l'application réalisée, s'organise en cinq chapitres.

Nous commençons par énoncer, dans le chapitre 3, les spécifications exprimées par le professeur chargé du cours concerné.

A partir de ces spécifications, nous avons développé plusieurs versions de l'application que nous présentons de manière détaillée, du point de vue fonctionnel et ergonomique, dans le chapitre 4.

Dans le chapitre 5, nous rendons compte de son évaluation, que nous avons effectuée avec des enfants de l'école. Les résultats ainsi obtenus témoignent de l'existence de plusieurs domaines dans lesquels des améliorations peuvent être apportées.

Nous motivons, au chapitre 6, les choix que nous avons opérés pour adapter l'application conformément aux constatations issues de son évaluation. Nous y ouvrons également des perspectives pour le prolongement de son développement.

Avant de conclure, nous faisons part, dans le chapitre 7, de réflexions méthodologiques concernant le développement d'une application d'aide à l'enseignement destinés aux enfants à déficience auditive. Dans cette entreprise, nous commençons par exposer les circonstances particulières de notre expérience. Ensuite, nous envisageons plusieurs méthodologies existantes et nous déterminons si elles sont adaptées à ce style d'application. Finalement, nous en proposons une que nous jugeons pertinente pour ce type de développement.

Partie 1 : Déficience auditive

Chapitre 1 : Problématique de la déficience auditive

Dans ce chapitre, nous présentons différents aspects de la déficience auditive.

Nous commençons par donner un aperçu historique de l'évolution de la considération des personnes à déficience auditive au travers des siècles (section 1.1.).

Ensuite, nous parlons des différents types de déficience auditive et des modes d'acquisition de celle-ci (section 1.2.), ainsi que des diagnostics et des traitements mis en œuvre (section 1.3.).

Par après, nous nous attardons sur les divers modes de communication qui sont offerts aux personnes à déficience auditive ainsi que sur les difficultés rencontrées selon les cas (section 1.4.).

Finalement, nous abordons les problèmes d'éducation des enfants à déficience auditive (section 1.5.) avant de conclure (section 1.6.).

1.1. Historique

Dans cette section, nous allons présenter de manière succincte l'histoire de la condition des personnes sourdes. Pour ce faire, nous évoquons des sujets tels que la réaction de leurs contemporains par rapport à elles, le développement de la langue des signes,... Dans cette présentation, nous nous contentons de relever objectivement certains points. Nous laissons les comparaisons et critiques, notamment en ce qui concerne les modes d'enseignement, pour les sections suivantes où les études sont plus spécifiques et détaillées.

Il convient tout d'abord de remarquer que les personnes sourdes ne sont pas les seules à employer un langage gestuel pour communiquer. Depuis la préhistoire, les signes sont utilisés, de manière exclusive ou partielle, par certaines sociétés d'entendants dans diverses circonstances. Nous les retrouvons ainsi chez les Indiens des Plaines pour leurs communications *intertribales*, des peuplades d'Afrique et d'Australie ainsi que dans certains ordres religieux. Cependant, au contraire de la langue des signes pratiquée par les personnes à déficience auditive, ces systèmes de communication par gestes constituent souvent une réponse à des interdictions de paroles. De la sorte, ils remplissent plutôt une fonction sociale (d'après P.

Munot dans [NEV85]). Ceci étant précisé, venons-en particulièrement à la situation des sourds.

Tant les Grecs que les Romains ont fait preuve d'une grande cruauté à leur égard en exécutant les enfants dès que leur surdité était constatée. Ce comportement a plus que probablement été accentué par les déclarations du célèbre philosophe grec Aristote. Il soutenait, en 350 avant Jésus-Christ, que les sourds-muets étaient privés d'intelligence et que les sourds de naissance étaient incapables de toute instruction. Cette opinion s'est maintenue très longtemps pour le plus grand malheur de ces êtres défavorisés. Seul l'amour de leurs parents permettait parfois de les sauver et de cacher leur infirmité. Ce sont ces personnes qui, élevées en cachette, ont pu dissiper l'horrible préjugé dont étaient victimes leurs semblables en faisant preuve de certaines habiletés.

Les Perses et les Egyptiens se distinguaient de leurs contemporains par leur respect pour les personnes sourdes et faisaient des essais pour les intégrer à la société.

C'est avec l'avènement du Christianisme que la condition des sourds a changé et qu'ils n'ont plus fait l'objet des mauvais traitements antérieurs (expositions et exécutions). Cependant, l'idée de leur incapacité intellectuelle était toujours bien ancrée [DEH65].

A travers tout le Moyen Age, sauf pour des enfants nés de parents princiers ou très riches, il semble bien que les sourds soient toujours considérés comme des idiots incurables et plus ou moins rejetés par la société. Cela les pousse à se renfermer sur eux-mêmes et constituer des bandes marginales et de moins en moins accessibles qui finissent par inquiéter les citoyens. Ne sont-ils pas en train de mijoter un quelconque mauvais coup au moyen de ces signes étranges? Seul, le sourd rejeté par sa famille est souvent adopté par une communauté en tant qu'homme de tâche : il est nourri en échange d'un travail manuel ardu [NEV90].

A la fin de la Renaissance, aux XVI^e et XVII^e siècles, quelques tentatives remarquables de formation et d'intégration avant la lettre de certains enfants sourds d'origine noble ont été réalisées, souvent par des religieux [NEV90].

"Les moines espagnols furent les premiers instituteurs des sourds-muets, les couvents espagnols furent les premières écoles ouvertes à ces infortunés. On peut regarder le Frère bénédictin Pierre Ponce de Léon, comme le créateur de cet enseignement spécial, qui appelait

naturellement la création d'établissements spéciaux dans l'avenir. Il entreprit, vers 1560, l'instruction par l'articulation de deux frères sourds-muets et de leur sœur également sourde-muette." [DEH65].

Deux personnes ont particulièrement marqué le domaine de l'enseignement pour les sourds : l'abbé de l'Epée (1712-1789) et Samuel Heinicke. Tous deux étaient persuadés de la nécessité d'un enseignement spécial. Chacun est à l'origine d'un établissement et d'une méthode d'enseignement : la méthode française à Paris pour le premier et la méthode allemande à Leipzig pour le second.

L'abbé de l'Epée, suite à l'observation de la tendance naturelle de ses élèves à communiquer par signes, a créé les *signes méthodiques*. Il a donc coordonné et régularisé les signes naturels empruntés, pour le fond, aux sourds-muets eux-mêmes, dans le but de leur donner plus de clarté et de précision. Afin de favoriser une meilleure correspondance avec le français, il a introduit des signes grammaticaux ainsi que l'alphabet manuel (la dactylologie). Au niveau de la méthode d'enseignement, il s'appuie sur la *mimique* combinée avec l'écriture, sans exclure pour autant l'articulation, par l'intermédiaire de dictées par exemple. Plusieurs établissements ont été créés sur le modèle de l'institution parisienne en Europe et aux Etats-Unis où Thomas Gallaudet a introduit les signes méthodiques et toute la pédagogie de l'abbé.

Samuel Heinicke, dans la méthode allemande, fait de l'articulation le point essentiel de l'enseignement pour les sourds-muets [DEH65].

Ces deux méthodes ont eu de bons résultats et leurs partisans commencèrent à s'affronter. Ils sont à l'origine d'une grande polémique quant à l'utilisation de la langue des signes ou de l'oralisme dans l'enseignement. En 1880 s'est déroulé le Congrès de Milan ; des délégués d'institutions pour sourds du monde entier, parmi lesquels ne figuraient que deux partisans de la langue des signes et aucun sourd, s'y sont réunis. Les participants se sont accordés pour promouvoir exclusivement l'oralisme dans l'enseignement spécial et encourager l'interdiction de tout emploi des signes, de manière à favoriser l'insertion et l'intégration du sourd dans la société. Malgré les protestations et supplications des sourds, ces principes ont été mis en œuvre et ont eu pour conséquence un appauvrissement de la langue des signes. N'étant plus enseignée mais bien pratiquée en cachette, cette dernière a perdu son unité et a donné naissance à de nombreux dialectes locaux. Seuls les Etats-Unis ont su conserver une

certaine unité dans leur langue des signes (ASL : American Sign Language), malgré la victoire de l'oralisme, en ne pourchassant pas les signes avec le même dogmatisme qu'en Europe.

Il en découle un "siècle de terrorisme culturel de la part des entendants" ([LAB94]). Il a pris fin en Belgique francophone en octobre 1982 par une déclaration des Ministres de l'Education Nationale et des Affaires Sociales reconnaissant la langue des signes comme source et instrument de la culture sourde, et encourageant son utilisation. "Si cette déclaration est généreuse et juste, elle n'est pas assortie des moyens nécessaires : la fonction d'interprète gestuel est toujours absente du cadre subventionné. Enfin, l'absence de structure organisée et soumise au contrôle normalisant des Pouvoirs, tant au stade préscolaire qu'au-delà du secondaire inférieur, limite gravement l'efficacité du système éducatif." (C. Hustinx dans [NEV85]).

1.2. Différents types et modes d'acquisition de la déficience auditive

Cette présentation des types et modes d'acquisition de la déficience auditive est essentiellement inspirée de [BAR92].

Toutes les personnes n'étant pas identiques, il n'y a ni une surdité ni une façon de mal entendre, mais bien plusieurs. Il est possible de classer le handicap qu'est la surdité selon différents paramètres :

- la sévérité ;
- l'âge auquel il touche la personne ;
- la fonction de l'oreille qu'il touche ;
- la cause.

Nous allons, dans les sous-sections suivantes, tenter d'exposer ces différents niveaux de caractérisation sans entrer, de façon trop prononcée, dans le domaine médical qui n'est pas l'objet de ce mémoire.

1.2.1. Sourd ou malentendant

Malgré que les termes *sourd* et *malentendant* concernent une personne souffrant de déficience auditive, ils ne sont nullement équivalents : ils sont associés à des niveaux de

sévérité distincts. Remarquons, avant de préciser la différence entre ces deux notions, que la déficience auditive est parfois présentée comme une élévation du seuil de la perception des sons. Cela est dû au fait que ces derniers doivent être plus forts pour être perçus par la personne atteinte.

La perte auditive pouvant être variable suivant les fréquences, il faut savoir que les spécialistes parlent en terme de perte *moyenne*, mesurée en décibels (dB), pour en avoir une vision globale. Différents qualificatifs sont utilisés pour la déficience auditive en fonction de la sévérité de cette perte moyenne (l'audition est dite normale lorsqu'elle est inférieure à 20 dB) :

- légère (perte entre 20 et 40 dB) ;

Certaines syllabes échappent à la personne atteinte de déficience auditive légère lorsque son interlocuteur ne force pas la voix.

- moyenne (perte entre 40 et 70 dB) ;

Seules les paroles fortes sont perçues par la personne atteinte de déficience auditive moyenne qui s'aide souvent en lisant sur les lèvres. De plus, une prothèse auditive est nécessaire. Par ailleurs, 50 dB est le seuil à partir duquel le sujet n'entend plus suffisamment pour contrôler sa voix.

- sévère (perte entre 70 et 90 dB) ;

Appareillage, lecture labiale et rééducation sont indispensables à la vie sociale de la personne atteinte de déficience auditive sévère.

- profonde (perte supérieure à 90 dB).

En l'absence d'une éducation appropriée, l'enfant naissant avec une déficience auditive profonde ne parlera pas.

Pour en revenir à la distinction entre malentendant et sourd, il est convenu d'appeler sourds ceux dont la capacité auditive est la moins bonne ; le seuil est fixé de 65 à 70 dB à 1 mètre. La surdité est considérée comme presque totale lorsque la perte dépasse 120 dB.

1.2.2. Période d'apparition du handicap

De manière générale, sont appelés sourds *de naissance* ceux qui sont atteints depuis leur plus jeune âge et *devenus sourds* ceux qui le sont devenus à l'âge adulte. De plus, les sourds *pré-linguaux*, devenus sourds avant de parler, sont distingués des *post-linguaux* atteints alors qu'ils savaient déjà parler.

L'apparition du handicap peut se produire à trois périodes différentes :

- l'enfance :

Nous englobons, dans l'enfance, les enfants nés ou devenus sourds très tôt. Nous y retrouvons la distinction déjà évoquée entre les pré-linguaux et les post-linguaux.

- l'âge adulte ;

A l'âge adulte, se retrouvent les personnes devenues sourdes pour une des causes qui seront évoquées dans la sous-section 1.2.4.

- la vieillesse.

Lors de la vieillesse, la surdité constitue une des déficiences dues à l'âge.

1.2.3. Surdité de transmission et/ou de perception

Avant de considérer les différentes fonctions de l'oreille que peut toucher le déficit auditif et qui déterminent si la surdité est de transmission ou de perception, nous présentons de manière simplifiée les parties constituantes de l'oreille :

- l'oreille externe ;

L'oreille externe est constituée du pavillon, à l'extérieur du corps, et du conduit auditif qui s'enfonce en oblique dans l'os temporal jusqu'au tympan.

- l'oreille moyenne ;

L'oreille moyenne consiste en la *caisse du tympan* contenant des osselets (marteau, enclume et étrier). La cavité de l'oreille moyenne communique avec l'arrière-nez par la trompe d'Eustache.

- l'oreille interne.

L'oreille interne est composée des canaux semi-circulaires, servant plus particulièrement à l'équilibre, et de la cochlée contenant les cellules sensibles à l'audition.

Nous pouvons distinguer deux fonctions remplies par le système auditif et, par conséquent, deux types de surdité :

- de transmission ;

La surdité de transmission constitue un obstacle au passage des ondes sonores ; les sons ne sont pas déformés. La transmission des ondes sonores est prise en charge par l'oreille externe, l'oreille moyenne et partiellement l'oreille interne dans sa partie mécanique. Dans ce cas, la surdité ne peut jamais être totale et la personne entend correctement sa propre voix.

- de perception.

Dans une surdité de perception, c'est l'oreille interne qui est concernée : la réception du son est altérée par une atteinte de la cochlée ou des voies nerveuses conduisant le message au cerveau. La déficience peut être totale et ne pas toucher de manière analogue toutes les fréquences. Des déformations des messages peuvent alors se produire.

Notons, pour finir, que la surdité peut être mixte, c'est-à-dire de transmission et de perception en même temps.

1.2.4. Causes de déficience auditive

Les causes de déficiences auditives sont nombreuses et varient suivant l'âge de la personne et la fonction de l'oreille touchée.

Chez l'enfant, les surdités de transmission peuvent résulter d'otites mal guéries (la plupart du temps), d'infections ou de malformations héréditaires (d'origine génétique) ou survenues à cause d'une maladie de la mère en cours de grossesse. Les surdités de perception peuvent, quant à elles, être héréditaires ou acquises.

Chez l'adulte, la surdité de transmission peut être provoquée par des infections, dont l'otite, comme chez l'enfant. Les surdités de perception peuvent être secondaires aux oreillons (même si c'est devenu chose exceptionnelle), être brusques (coup de tonnerre dans un ciel serein) ou évolutives, résulter d'une tumeur située dans le conduit de l'audition,... Les spécialistes identifient également la surdité dite professionnelle chez les personnes travaillant dans des milieux bruyants (le danger existant pour une exposition à des bruits de plus de 85 dB 8 heures par jour).

Chez l'enfant comme chez l'adulte, la déficience auditive peut résulter d'infections (le plus souvent dues à des médicaments dits ototoxiques) ou de traumatismes (bruits, changements brusques de pressions, intrusions maladroites d'instruments dans le conduit auditif, ...).

Chez les personnes âgées (à partir de 60 ou 65 ans), nous retrouvons un type particulier de déficience auditive, nommée presbyacousie, due à des modifications de l'oreille moyenne telles que l'amincissement du tympan ou une rigidité accrue de la chaîne des osselets. La presbyacousie pourrait être présentée comme une surdité de transmission liée au vieillissement.

Pour terminer, signalons encore comme cause possible d'une déficience auditive les obstacles situés dans le conduit auditif externe qui peuvent entraîner de simples gênes pour l'audition. Enfin, la fragilité de la cochlée, qui serait héréditaire, joue également un rôle important.

1.3. Diagnostic et traitement des déficiences auditives

Cette présentation des diagnostics et traitements des déficiences auditives est également inspirée de [BAR92].

Quels que soient le type et la sévérité de la déficience auditive dont une personne est atteinte, son diagnostic doit être le plus précoce possible afin que les meilleures conditions soient réunies pour restreindre les conséquences du déficit.

1.3.1. Diagnostic des déficiences auditives

Le diagnostic des déficiences auditives, posé par des médecins sur base de certains examens, recouvre deux aspects indissociables. Il permet d'établir, d'une part, la réalité de la perte auditive ainsi que de la chiffrer et, d'autre part, certaines particularités de cette dernière, indispensables pour la prise en charge. De plus, différents examens sont généralement pratiqués.

A. Audiogramme

L'audiogramme entre dans le cadre de l'audiométrie tonale : il permet de mesurer le seuil d'audition grâce à des sons purs et non des bruits concrets tels ceux d'un moteur ou d'un chant d'oiseau. Cette mesure, pratiquée pour diverses fréquences, détermine la perte auditive du patient pour chacune d'elles. Le graphique retiré d'un tel examen permet, selon l'allure de sa courbe, de diagnostiquer une atteinte auditive et sa caractéristique, c'est-à-dire si elle est de transmission ou de perception.

B. Audiométrie vocale

Avec l'audiométrie vocale, c'est la reconnaissance des mots qui est testée. Ces tests, complémentaires à l'audiogramme, sont souvent pratiqués avec des listes de mots préétablies :

- **les listes de mots dissyllabiques de Fournier :**

Les listes de Fournier permettent, comme l'audiogramme, de fournir une courbe illustrant le seuil auditif de la personne testée. Remarquons qu'il faut que les mots soient prononcés avec une intensité supérieure de 40 dB au seuil auditif du patient pour qu'il les comprenne tous.

- **les listes cochléaires de Lafon ;**

Les listes cochléaires de Lafon, composées de mots de trois phonèmes, permettent d'identifier la partie de la cochlée atteinte. Il est également possible, avec ce test, de discerner si les erreurs sont dues à une baisse de l'audition ou si elles sont provoquées par un trouble de la compréhension, ce qui traduirait une atteinte intellectuelle.

- les tests de balayage ou d'intégration

Des tests de balayage ou d'intégration peuvent compléter le bilan obtenu grâce à l'audiométrie vocale en distinguant les performances en milieux bruyants ou dans le silence.

C. Mesures objectives

Différentes mesures objectives complètent les tests que nous venons de présenter. Nous retrouvons, par exemple, l'impédancemétrie, renseignant sur l'oreille moyenne, ainsi que les potentiels évoqués auditifs, s'intéressant à l'ensemble des structures du cerveau impliquées dans l'audition et aujourd'hui préférés à l'électrocochléogramme.

1.3.2. Les traitements des déficiences auditives

Suivant l'atteinte auditive diagnostiquée, différents traitements sont envisageables :

- un trouble de l'oreille moyenne, entraînant une surdité de transmission, peut bénéficier d'un traitement étiologique efficace (traitement de la cause de l'atteinte auditive) ;
- une surdité de transmission touchant l'oreille moyenne est bien souvent accessible à la chirurgie ;
- une atteinte de perception progressive n'est curable ni par médicaments ni chirurgicalement ;
- les surdités brusques, chez l'adulte, constituent une urgence médicale absolue pour espérer une récupération partielle.

Etant donné que certaines atteintes auditives sont incurables, nous précisons que l'expression *traitement* ne leur est pas tout à fait appropriée et qu'il conviendrait mieux de parler de prise en charge.

Avant de passer aux prises en charge elles-mêmes, nous allons mettre l'accent sur l'importance de la prévention. Dans ce cadre, nous retrouvons notamment la vaccination (contre la rubéole) de la femme enceinte, la fuite d'environnements trop bruyants ou l'utilisation de bouchons protecteurs en cas d'exposition et, dans l'hypothèse de l'existence de cas de déficiences auditives dans la famille, l'absence de prise de médicaments ototoxiques.

D'un point de vue médical, des traitements médicamenteux ou des interventions chirurgicales peuvent avoir un effet bénéfique dans certains cas que nous n'allons pas développer pour ne pas nous égarer dans le domaine particulier de la médecine.

Finalement, l'apport de la technologie est non négligeable pour pallier la perte auditive, même si elle ne permet pas de récupérer une audition normale. A ce niveau, deux grands types de moyens sont utilisés : les prothèses auditives et les implants cochléaires.

Les prothèses auditives, peu importe leur forme (contour d'oreille, intra-conduit, lunettes acoustiques,...), constituent un appareil de correction auditive : un appareil "électro-acoustique et électronique qui capte, traite et amplifie les sons pour les adapter aux possibilités de perception et de tolérance de la personne atteinte de déficience auditive" (P. Veit). La *prothèse Galaxie* constitue une révolution au niveau du procédé en s'appuyant sur les restes auditifs que possèdent pratiquement tous les sourds, même les plus profonds : tout en amplifiant le message, elle le bascule et l'envoie dans les fréquences que la personne perçoit. Ce principe permet de garder toute la richesse et la qualité des sons. De façon générale, les deux oreilles sont à appareiller de manière à assurer une perception stéréophonique à l'exception du cas où l'une d'elles, trop atteinte, ne peut l'être.

L'implant cochléaire constitue une technologie assez complexe qui aboutit à transformer les ondes sonores en courants électriques pour l'excitation du nerf auditif. Il permet au déficient auditif de percevoir des sons qu'il va devoir apprendre à décoder étant donné qu'ils ne ressemblent en rien à ceux qu'un entendant distingue normalement. Ce dernier point procure parfois une grande désillusion chez celui qui, devenu sourd, espère récupérer ses capacités d'antan par l'intermédiaire de ce moyen. Les résultats obtenus sont assez mitigés actuellement : 50% de réussite, 25% de résultats moyens (il y a encore nécessité de lire sur les lèvres) et 25% de mauvais résultats [LAB94]. Emmanuelle Laborit qualifie cet implant de machine infernale et soutient qu'il constitue un viol, certaines personnes ne parvenant jamais à décoder ces sons ni à les supporter.

Cette section termine la présentation générale de la surdité. Par la suite, nous nous attachons particulièrement au domaine des enfants à déficience auditive étant donné qu'il constitue le domaine cible de notre application.

1.4. Modes de communication

Il est à noter que la majeure partie de cette section et de la suivante est inspirée de [LEP96]. La plupart des études présentées dans ces parties sont anglo-saxonnes, puisque les Etats-Unis ont su conserver une certaine unité dans leur langue des signes (section 1.1.). Mais, en général, il est possible de transposer les résultats obtenus à la langue des signes de notre pays.

1.4.1. Langue orale et écrite

De nombreuses études ont été réalisées afin de montrer les difficultés éprouvées par les enfants sourds pour acquérir la maîtrise de la langue écrite. En effet, à l'âge de 18 ans, le niveau habituel des capacités en lecture et en écriture des enfants à déficience auditive n'excéderait pas celui d'enfants entendants de 9-10 ans. Cette situation serait inchangée depuis le début du siècle ; certains l'expliquent en soulignant le caractère incomplet de l'apprentissage préalable de la langue orale réalisé par les personnes à déficience auditive profonde. Même lorsque toutes les conditions favorables sont apparemment réunies (précocité du diagnostic et de l'intervention, soutien approprié de la famille et de l'environnement, intelligence et motivation de l'enfant), l'apprentissage d'une langue orale ne se déroule qu'avec retard et, selon certains auteurs, son développement ne suit pas le même cours que celui observé chez les enfants entendants.

Il existe beaucoup moins de recherches linguistiques à partir des performances en langue orale que celles basées sur des performances en langue écrite. Cette rareté est due aux problèmes d'intelligibilité des personnes sourdes qui ne permettent pas de réaliser facilement l'analyse de leurs performances en langue orale. Ceci est regrettable parce que, selon une certaine hypothèse, il existerait chez les enfants à déficience auditive une relative indépendance entre leurs compétences en langue orale et en langue écrite.

Nous allons maintenant évoquer certaines étapes de la conquête d'une langue orale et écrite.

A. Intelligibilité de la parole

Tout d'abord, soulignons la faible intelligibilité de la parole des enfants sourds. En effet, il est évident qu'ils rencontrent de nombreuses difficultés à prononcer les mots de la même

manière qu'une personne entendante. Pour rappel, 50 dB est le seuil de déficience auditive à partir duquel une personne n'est plus à même de contrôler sa voix. Divers constats permettent de croire que l'intelligibilité des locuteurs sourds est beaucoup plus grande dans les situations de la vie quotidienne que dans celles aménagées à des fins de recherche.

Une méthode très performante d'éducation de la voix et de la parole est la méthode verbo-tonale de Guberina dont la diffusion dans plusieurs pays européens remonte au milieu des années 60. Ses techniques d'entraînement auditif, de recours à la perception vibro-tactile et d'utilisation du rythme corporel et musical, demeurent des composantes indispensables de l'éducation logopédique en raison des résultats permis quant à la qualité de la voix, la correction articulatoire et l'acquisition d'une bonne prononciation.

B. Développement phonologique

Le fait que la personne sourde soit peu intelligible ne signifie pas pour autant qu'elle n'ait pas construit un système cohérent de contrastes phonologiques. Cependant, le développement phonologique peut être retardé et incomplet. Le répertoire d'un enfant sourd est, en effet, souvent limité ; il semble toutefois que les phonèmes non-produits correspondent aux phonèmes apparaissant tardivement dans le répertoire des jeunes enfants entendants.

C. Etendue du vocabulaire

Les enquêtes menées mettent en évidence la pauvreté du vocabulaire (en langue orale ou écrite) qui caractérise la plupart des adolescents et adultes sourds par rapport aux entendants. Il semblerait que les mots qui apparaissent le plus fréquemment soient ceux les plus utilisés dans les manuels scolaires.

Selon les comptes rendus de Meadow établis en 1980, un enfant à déficience auditive de 4 ou 5 ans, éduqué dans un environnement oraliste, posséderait un répertoire d'environ 200 mots, ce qui correspond à celui d'un enfant entendant de 2 ans et demi.

D. Développement syntaxique

Les difficultés principales des jeunes sourds sont plutôt d'ordre syntaxique que sémantique ou lexical ; même ceux d'entre eux dont le vocabulaire est étendu, ne seraient pas capables pour autant d'en tirer profit pour la production de phrases correctes.

La plupart des études, s'attachant à décrire la maîtrise de la syntaxe chez les jeunes sourds, concernent la maîtrise de la langue écrite plutôt qu'orale. Plusieurs constatations ressortent de ces études ; nous allons en souligner quelques-unes.

Les sujets sourds, autant les jeunes que les plus âgés, évitent de formuler des phrases composées et complexes, alors que celles-ci sont fréquemment produites par les entendants à partir de 11 ans. En effet, les enfants sourds utilisent principalement des phrases toutes faites et moins d'adjectifs, d'auxiliaires et de conjonctions que les entendants. De plus, les constructions syntaxiques qu'ils produisent sont très peu variées.

Une étude de Jarvella et Lubinsky montre que les enfants sourds répondent correctement à pratiquement toutes les questions dont la formulation peut être considérée comme simple et à un peu plus de la moitié des questions plus complexes. Les auteurs concluent que, dans l'ensemble, les difficultés des enfants sourds sont de nature linguistique plutôt que cognitive et qu'elles s'apparentent à celles d'enfants entendants plus jeunes.

L'emploi de différents types de mots a été, quant à lui, comparé chez les enfants sourds et les enfants entendants. Les noms sont les mots les plus fréquemment utilisés surtout par les sourds. Ensuite, ce sont les verbes, bien que certains enfants sourds n'en produisent jamais, quel que soit leur âge. Suivent les articles, moins employés par les sourds de moins de 7 ans que par les entendants, mais ils les utilisent davantage entre 9 et 15 ans, certainement sous l'influence de l'enseignement reçu. L'usage des pronoms est acquis plus tard et avec moins de facilité pour les jeunes sourds que pour les entendants. Les sourds n'utilisent pas de prépositions avant 7 ans mais, par après, ils font des progrès continus et il n'y a plus de différences à ce point de vue dès l'âge de 15 ans. Cependant, la déficience des jeunes sourds par rapport aux entendants est particulièrement prononcée en ce qui concerne l'usage des adjectifs, des adverbes et des conjonctions.

Il faut également souligner que souvent les jeunes sourds n'ont qu'une connaissance très imparfaite des relations d'ordre hiérarchique existant entre les constituants d'une phrase.

Finalement, les difficultés que ressent un jeune sourd à tirer parti d'un contexte étendu peuvent être liées aux pratiques en usage dans les classes où le maître et les élèves passent bien plus de temps à étudier des phrases une par une plutôt qu'à les relier les unes aux autres. La très grande majorité des phrases produites par les enseignants sont grammaticalement correctes. Cependant, les constructions complexes sont évitées et, de surcroît, la production de ces constructions n'augmente pas en fonction de l'âge des élèves. Que ce soit pour des enfants d'école primaire ou des adolescents, les enseignants semblent avoir tendance à utiliser vis-à-vis d'eux un langage simplifié analogue à celui dont bénéficient les enfants entendants d'école maternelle. En conclusion, il est nécessaire de souligner que les enseignants, même spécialisés, sont singulièrement démunis en ce qui concerne l'éducation au langage de leurs élèves sourds.

E. Développement sémantique

Il semble que le répertoire des fonctions sémantiques pouvant être exprimées par de jeunes enfants sourds, entre deux et cinq ans, corresponde parfaitement ou partiellement à ce qui peut être attendu, en fonction de leur stade de développement linguistique. Malheureusement, il apparaît aussi que la plupart des enfants observés se situent encore au stade des énoncés d'un mot ou des premiers multi-mots (association de plusieurs mots ne correspondant pas à la structure d'une phrase).

D'autre part, une préoccupation ancienne concerne la faculté des jeunes sourds à utiliser des concepts considérés comme *abstrait*s parce qu'ils ne renvoient pas à un objet déterminé. A chaque niveau scolaire, les entendants devancent les sourds dans l'utilisation de ce type de mots. Les indications de couleur, de forme, de position ou de température sont notamment considérées comme moins abstraites que les termes évoquant des caractéristiques temporelles ou spatiales. Les notions d'*hier* et d'*aujourd'hui*, par exemple, sont difficilement assimilables par les jeunes enfants sourds [LAB94]. Ils sont donc significativement inférieurs aux entendants, à tous les niveaux d'âge. En fait, le niveau d'abstraction atteint par les adolescents sourds de 17 ans serait comparable à celui d'un enfant entendant de 11 ans... Cependant, contrairement à ce qui est observé pour la maîtrise de la syntaxe, les jeunes sourds progressent de façon continue en fonction de leur âge en ce qui concerne le développement sémantique.

L'analyse de tests de classification de mots montre que les réponses des sourds et des entendants dans ce domaine sont similaires, aussi bien qualitativement que quantitativement.

Ce résultat contredit l'opinion largement répandue selon laquelle les personnes sourdes ne pourraient manipuler convenablement que les mots renvoyant à des significations concrètes.

En ce qui concerne les concepts dits *de base*, dont la maîtrise est considérée comme essentielle en début de scolarité, la plupart des erreurs de compréhension concernent ceux de temps, de quantité et d'espace. La maîtrise de ces concepts ne paraît pas augmenter de façon significative avec l'âge ; en revanche, elle diminue en fonction de l'importance de la perte auditive. Nous pourrions nous demander si le déficit observé chez les enfants est d'ordre purement linguistique (méconnaissance des termes appropriés de la langue orale) ou bien, s'il s'explique par la gamme réduite des informations reçues et/ou des expériences vécues par les jeunes sourds à propos des réalités recouvertes par les concepts étudiés? Les études réalisées à ce sujet ne permettent pas de dégager des conclusions claires

Des épreuves d'associations de mots ont également été utilisées dans plusieurs travaux et les réponses des jeunes sourds ont été ensuite comparées à celles de jeunes entendants. Il en ressort, d'une part, que les sourds choisiraient des termes renvoyant aux propriétés concrètes des objets désignés par les mots-stimuli, et ce beaucoup plus que les entendants. D'autre part, les associations libres des sujets sourds sont fondamentalement semblables à celles pouvant être attendues, sur base des normes disponibles, d'enfants entendants plus jeunes. Les enfants sourds produisent donc moins d'associations de mots que les enfants entendants mais plus d'associations personnelles ou d'associations inspirées par l'expérience visuelle et par la lecture de livres assez simples.

F. Conclusion

En conclusion, il ressort de l'ensemble des études menées que l'apprentissage d'une langue orale et écrite, proposée par l'entourage, représente effectivement une entreprise difficile pour les enfants. Pour chacune des habiletés linguistiques, il existe, en proportions presque égales, des travaux soulignant soit le développement retardé et incomplet de la maîtrise étudiée, soit un ordre d'acquisition de notions ou de structures et/ou de particularités d'utilisation de la langue divergeant de ce qui peut être observé dans la population en général.

Dès lors, s'agit-il de délai ou de différence entre le processus de développement des entendants et des sourds? Certains chercheurs avancent que le développement linguistique

réalisé en langue orale et écrite par les enfants sourds n'apparaît comme déviant que parce qu'il est incomplet. Selon d'autres, il est nécessairement différent pour plusieurs raisons, dont les plus évidentes sont les différences dans la nature des informations utilisées pour percevoir la parole et l'influence de l'enseignement systématique aménagé par l'entourage. La maîtrise d'une langue orale et écrite peut varier également fortement d'une personne sourde à une autre.

En conséquence, au-delà des moyens généraux à mettre en œuvre pour l'ensemble des enfants à déficience auditive profonde, une attention spécifique doit être accordée aux particularités du cheminement de chacun, dans sa conquête de la langue orale et écrite. Ceci implique, pour adapter l'initiation à la langue en fonction des ressources et besoins de l'enfant individuel, que soient constitués en plus grand nombre des instruments de diagnostic suffisamment discriminatifs.

Il reste à savoir si la langue orale apprise par l'enfant sourd représente sa langue maternelle ou une seconde langue, question souvent posée dans les études réalisées. En fait, la langue orale est généralement considérée comme la première langue dans le cas des enfants éduqués selon la méthode oraliste, qui consiste à leur apprendre une langue orale et écrite, sans aucune méthode gestuelle.

1.4.2. Langue des signes

A. Présentation

Contrairement au mime et à la dactylogogie (alphabet manuel), la langue des signes est reconnue comme une langue à part entière par les linguistes. Ceci est dû au fait qu'elle présente la caractéristique de double articulation comme toute langue orale. Les deux niveaux d'articulation reconnus dans une langue orale sont les suivants [NEV90] :

- **les monèmes** ;

Les monèmes, au nombre de quelques milliers, sont des unités joignant un signifié minimal à un signifiant qui permettent de construire n'importe quel énoncé. Les monèmes peuvent apparaître sous des morphèmes différents. Par exemple, *vais* et *irai* expriment le même monème *aller* sous deux morphèmes différents.

- les phonèmes.

Les phonèmes sont des unités en petit nombre qui n'ont pas de sens par eux-mêmes ; il en existe de 20 à 60 pour une langue. Cependant, ils permettent d'organiser les monèmes et donc de construire la totalité des énoncés possibles d'une langue.

Comme nous venons de l'annoncer, la double articulation est aussi une caractéristique de la langue des signes, mais elle est transposée dans le domaine gesto-visuel en lieu et place du domaine bucco-sonore. Les signes y sont les équivalents des monèmes et les gestèmes ceux des phonèmes. Selon [NEV90], il est possible de distinguer 4 types de gestèmes :

- la configuration (des doigts de la main) ;
- la localisation ou l'emplacement (de la main par rapport au corps) ;
- l'orientation (de la paume de la main) ;
- l'action ou le mouvement (de la main et des doigts).

Un cinquième élément est à prendre en compte : l'expression du visage et du corps. Suivant les personnes consultées, cet élément est à considérer au même titre que les quatre autres ou juste comme le correspondant de l'intonation de la voix dans une langue orale. Quoi qu'il en soit, tous ces éléments sont nécessaires à la bonne compréhension de la langue des signes.

La première langue des signes à avoir fait l'objet de descriptions linguistiques de plus en plus précises, est la langue des signes américaine (ASL). Sa découverte est venue fort à propos raffermir les opinions de ceux qui, pour des raisons d'ordre pédagogique et psychologique, ressentaient l'immense nécessité d'introduire ou de réintroduire le recours aux signes dans l'éducation des enfants sourds.

Les différents niveaux de maîtrise d'une langue des signes parmi les membres de la communauté des personnes sourdes influencent la variabilité de cette langue dans le sens où la maîtrise des signeurs dits *tardifs* ne rejoint que très rarement celle des signeurs *de naissance*. De plus, des nuances apparaissent également entre signeurs de naissance eux-mêmes, selon que leurs parents soient signeurs de naissance ou signeurs tardifs. Ces variantes montrent combien les interférences entre langue des signes et langue orale se réalisent de différentes manières d'une personne sourde à une autre, en fonction de l'éducation reçue, des situations et des

expériences vécues. Cela montre bien l'importance des descriptions linguistiques de l'ASL évoquées au paragraphe précédent.

La reconnaissance de la langue des signes, en tant que langue véritable, a suscité un intérêt particulier pour l'étude du développement linguistique des enfants sourds précocement initiés aux signes. Il faut noter également que l'étude de l'acquisition de la langue des signes, en tant que langue maternelle, représente un domaine de recherche relativement neuf ; ceci explique que, malgré l'abondance des données rassemblées jusqu'ici, certains aspects de cette acquisition demeurent encore à explorer ou à préciser.

B. Apparition des premiers signes

Tout comme les premiers items lexicaux produits par le jeune enfant en langue orale, les premiers items lexicaux reconnaissables en ASL sont produits de façon isolée et cette situation se prolonge pendant plusieurs mois avant que n'apparaissent les premiers multi-signes. Il ressort, en considérant l'ensemble des données, que les premiers signes apparaissent entre 7 et 9 mois. La précocité de la production des premiers signes reconnaissables chez les enfants observés témoignerait de celle du développement linguistique entraînée par l'exposition à une langue des signes. Cette précocité serait attestée par deux autres particularités : l'extension rapide du vocabulaire et l'apparition, précoce elle aussi, des premières combinaisons de signes.

C. Acquisitions linguistiques

Pour l'étude des acquisitions linguistiques, nous avons retenu les domaines suivants :

- développement sémantique ;

Le développement sémantique des enfants exposés à l'ASL est, pour sa part, essentiellement normal.

- ordre d'émission des signes ;

L'ASL se caractérise par la très grande flexibilité de l'ordre d'émission des signes. En effet, l'expression des rôles des différents éléments de la phrase et de leurs interrelations est réalisée grâce aux flexions imprimées aux signes ; or la maîtrise de ces flexions n'est acquise

par les jeunes enfants signants que relativement tard. Les ordres d'émission qui ont leur préférence correspondent d'ailleurs aux ordres les plus neutres de la langue des signes adulte.

- expression de la négation ;

Pareillement à un jeune enfant entendant qui apprend une langue orale, le jeune enfant signant marque la négation en recourant à des procédés primitifs : en faisant précéder l'émission soit d'un mouvement de tête négatif, soit d'un item lexical négatif simple, dont l'usage n'est pas compris dans la langue des signes adulte. La maîtrise de l'usage des expressions négatives viendra donc plus tard.

- utilisation des pronoms ;

Les études sur l'acquisition des langues orales ont montré la grande difficulté des jeunes enfants à produire et utiliser correctement les pronoms. Le problème qui se présente aux jeunes enfants signants est que les signes pronominaux ressemblent à s'y méprendre aux gestes de pointage dont se servent les entendants pour ponctuer leur discours oral et ce, à un détail près : en ASL, ces *pointages* ne sont pas utilisés pour accompagner l'expression d'items lexicaux, mais bien pour les remplacer. Ceci entraîne des difficultés d'acquisition pour les jeunes enfants signants.

- accord du verbe ;

Selon les règles, l'accord du verbe se réalise en imprimant un certain mouvement au signe qui représente le radical verbal. Ce radical s'en trouve dès lors modifié de manière telle que le verbe s'accorde quant à l'orientation et la direction du mouvement avec la localisation spatiale de l'argument nominal. Lorsque cet argument nominal fait référence à des objets concrets, physiquement présents dans l'environnement immédiat, le verbe s'accorde en fonction de la localisation spatiale réelle de ces objets. Dans ces cas, l'accord du verbe fait son apparition chez l'enfant entre trois ans et trois ans et demi. Dans les cas où les arguments nominaux font référence à des objets non-présents dans l'environnement, des localisations arbitraires sont établies dans l'espace de production des signes et le verbe s'accorde avec ces localisations. Dans ce cas, l'acquisition de la règle est beaucoup plus lente.

Certaines acquisitions sont encore plus tardives : celle des pronoms anaphoriques (gestes de pointage dirigés vers des localisations arbitraires d'objets non présents dans

l'environnement immédiat), les procédés de formation de mots nouveaux et d'autre procédés grammaticaux complexes qui restent encore à étudier.

Outre les différences entre les signeurs tardifs et de naissance, déjà évoquées, il reste à souligner les nuances entre ces derniers et les signeurs *d'enfance*. Les signeurs d'enfance ne maîtrisent habituellement que les procédés les plus simples. Toutefois, pour un petit nombre d'entre eux, les performances sont à peu près égales à celles des signeurs de naissance. Les auteurs expliquent la variabilité interindividuelle constatée pour les signeurs d'enfance en évoquant l'abondance des facteurs influençant l'acquisition de la langue des signes : l'âge du début de leur exposition à celle-ci, la quantité de stimulations reçues dans leur environnement (dépendant de la mesure dans laquelle ils peuvent y rencontrer des enfants, voire des adultes issus de parents eux-mêmes sourds) et les interférences entre celle-ci et langue parlée et écrite.

De plus, les enfants, tant signeurs de naissance que signeurs d'enfance, partagent dans le contexte de l'institution le même environnement linguistique : l'enseignement en langue parlée et signée ainsi que l'absence ou la présence rare d'adultes experts en langue des signes. Partant de ce constat, les auteurs s'attachent à mettre en évidence la créativité linguistique dont font preuve les signeurs, tant d'enfance que de naissance, qui apprennent la langue des signes ou en perfectionnent la maîtrise dans une situation de manque de modèles linguistiques adultes.

D'autres analyses confirment que c'est bien l'âge du début de l'exposition à la langue des signes qui constitue la variable déterminante du degré de maîtrise atteint et non la durée de cette exposition.

D. Dactylogogie

L'alphabet dactylogique est un système gestuel dans lequel chaque lettre de l'alphabet écrit correspond à une configuration particulière de la main et des doigts. Il est destiné à représenter les particularités du système d'écriture de la langue orale de référence et constitue, en son principe, un système gestuel distinct de la langue des signes utilisée dans les communautés de sourds. Selon certains auteurs, son usage ne se justifierait que dans la perspective d'une éducation oraliste. Aux Etats-Unis, par contre, de l'avis de certains chercheurs, le recours à l'alphabet dactylogique est devenu partie intégrante de l'ASL. Les arguments sont les suivants :

- certains signes d'origine récente, qualifiés *d'emprunts*, ont été formés en appliquant à une configuration manuelle de l'alphabet les règles d'utilisation de l'ASL ;

- d'autres signes dits *initialisés*, sont produits en formant la première lettre du nom de la personne ou de l'objet désigné.

Les personnes sourdes pratiquent volontiers l'épellation digitale, non seulement avec les entendants mais également entre elles.

1.4.3 Oralisme et communication gestuelle spontanée

Bien souvent, les enfants sourds, nés de parents entendants et éduqués selon une méthode oraliste, produisent des gestes pour tenter de mieux se faire comprendre. Dans quelles mesures ces gestes peuvent-ils être appelés *naturels*, inspirés des gestes produits à leur intention par les parents et les éducateurs, ou bien encore totalement inventés?

Les constats, résultant des études menées à ce sujet, renforcent l'hypothèse selon laquelle les processus d'acquisition du langage chez l'être humain sont gouvernés par de puissantes prédispositions internes. Les observations recueillies suggèrent donc que certaines des propriétés du langage peuvent être inventées par l'enfant dans des conditions minimales de support environnemental.

Certains sont persuadés que la langue des signes est bien la véritable langue maternelle des sourds puisque, lorsque les enfants sourds en sont privés, des tendances irrépessibles les entraînent à élaborer d'eux-mêmes une version élémentaire de cette langue. D'autres répondent que tout comme pour l'acquisition d'une langue orale, l'acquisition d'une langue des signes ne peut se faire que grâce à un input linguistique de la part de l'entourage immédiat. Toutefois, les observations à ce sujet indiquent, sans conteste, les limites d'un système de communication gestuelle non soutenu par la référence à une langue des signes adulte. De toute manière, puisque les enfants sourds tendent à recourir aux gestes pour communiquer, pourquoi ne pas les exposer d'emblée à un système gestué doué des propriétés linguistiques, qu'il s'agisse de la langue des signes proprement dite ou d'un système dérivé tel que l'anglais ou le français signé?

Pour [BAR92], "il n'est pas question de juger quiconque, mais de lever certaines ambiguïtés : la langue des signes n'est pas la langue *maternelle* des sourds, qui pour la plupart naissent de mères parfaitement entendants. Et que dire des devenus sourds et des personnes âgées qui sont de loin les plus nombreuses? Mais cette langue peut être pour tous une langue *naturelle* (comme le reconnaissait l'abbé de l'Epée).".

1.4.4. Perception de la parole par les yeux

A. Lecture labiale

Tout d'abord, il convient de se demander si la parole peut être perçue sans apport d'informations acoustiques. Ceci a longtemps été présumé possible, en évoquant les cas d'enfants sourds entraînés à lire sur les lèvres. Dès lors, l'idée selon laquelle la perception de la parole par voie de lecture labiale n'était réalisée que dans des situations de surdité s'est implantée. Or, les recherches réalisées à ce propos lors des vingt dernières années ont mis en évidence deux points fondamentaux. Le premier est le fait que des personnes entendant lisent également sur les lèvres et que ce type de prise d'informations n'est donc pas propre aux personnes sourdes. Comme exemple, nous pouvons citer le mauvais doublage d'un film qui est dérangeant pour les personnes entendant. Le second est l'hypothèse explicative selon laquelle des structures communes permettent de traiter la parole perçue visuellement et la parole perçue auditivement.

Plusieurs phénomènes permettent de déduire que, lors de l'écoute d'un message parlé, le sujet entendant prête généralement attention au mouvement des lèvres. En effet, dans des situations d'écoute normale, lorsque ni le son de la parole ni l'audition du récepteur ne sont abîmés, les mouvements articulatoires observables fournissent une information visuelle pertinente pour le récepteur d'un point de vue phonémique. L'idée que la lecture labiale fait partie intégrante des mécanismes de perception de la parole conduit à admettre l'existence de représentations mentales très abstraites. En effet, ces représentations doivent inclure les informations, aussi bien auditives que visuelles, liées à la lecture labiale. Les bébés seraient prédisposés à représenter sous une forme bimodale l'information liée à la parole. Ces conclusions ont des implications importantes en ce qui concerne la personne sourde. Celle-ci doit élaborer des représentations de la parole à partir d'informations essentiellement visuelles, perçues par la lecture labiale. Il est donc théoriquement possible que ces représentations mentales de la parole présentent certains points communs avec celles des entendants.

Seulement, la lecture labiale ne constitue pas un input suffisant pour le développement du langage bien qu'elle joue un rôle au début du développement du système phonologique, probablement par le fait que l'enfant apprend à parler en essayant d'imiter les mouvements des organes articulateurs visibles.

En ce qui concerne la personne sourde, la question est de savoir si l'information visuelle permet, à elle seule, l'identification des consonnes et des voyelles. La réponse à cette question est clairement négative vu le degré élevé d'ambiguïté que présente la lecture labiale. Ainsi, lorsque les enfants sourds dépendent principalement de la lecture labiale pour percevoir la parole, le développement du langage oral est généralement retardé et même déviant par rapport à celui des entendants. Ceci se marque également dans l'acquisition des éléments significatifs du langage. En effet, le développement lexical requiert impérativement que l'enfant soit mis en présence de liens relativement systématiques entre les référents et leurs séquences phonologiques correspondantes. Or, la lecture labiale seule ne peut satisfaire cette condition. Alors que, dans les langues adaptées aux possibilités sensorielles des entendants, il n'existe qu'un petit nombre de mots homophones, la quantité d'*homophones* potentiels, pour l'enfant sourd, est en principe beaucoup plus importante lorsque l'information lue sur les lèvres est la seule à pouvoir être prise en compte (par exemple *la fermière porte l'armoire* peut être confondu avec *l'infirmière mange la poire*). Enfin, la perception des morphèmes grammaticaux est, elle aussi, fortement affectée : en lecture labiale seule, il est, par exemple, impossible de faire une distinction entre *il mange* ou *il mangeait*.

B. Langage Parlé Complété (LPC)

Vu le caractère insatisfaisant du développement du langage auquel conduit généralement l'éducation oraliste classique, les éducateurs d'enfants sourds ont fréquemment cherché à ajouter aux informations données par la lecture labiale des indices systématiques, souvent visuels mais parfois tactiles, afin de renforcer la précision de ces informations. Le LPC (Cued-Speech en anglais) est l'une des méthodes élaborées dans cette perspective.

Ce système comprend une série de configurations manuelles (appelées *clés*) qui, combinées aux mouvements des lèvres, permettent l'identification des phonèmes. Le locuteur tient une main près de sa bouche pendant qu'il parle de manière à ce que l'auditeur puisse voir simultanément les mouvements des lèvres et ceux des mains. Pour la langue française, la main peut adopter huit configurations et cinq positions différentes autour de la bouche. Les configurations manuelles suppriment les ambiguïtés des consonnes et les positions de la main, celles des voyelles. Les consonnes et les voyelles ont été groupées en ensembles indépendants de deux ou trois items ; une localisation ou une configuration spécifique correspond à chaque ensemble. Le système est conçu de manière à compléter la lecture labiale de façon naturelle, en ajoutant sélectivement de l'information discriminative. Les formes et les positions de la main

ont été attribuées respectivement aux groupes de consonnes et de voyelles de manière à ce que les items partageant la même forme de la main ou la même position spécifique soient clairement distincts en lecture labiale et que les items difficiles à discriminer appartiennent à ces différents groupes.

Le système peut paraître assez complexe et artificiel. En réalité, il peut s'apprendre en une dizaine d'heures, et des adultes entraînés réussissent à pratiquer le LPC quasiment sans ralentir le débit normal de la parole. En tout cas, les résultats d'enfants sourds ayant bénéficié du LPC en famille avant d'entrer à l'école et, à un moindre degré, les résultats de ceux qui en bénéficient uniquement à l'école, montrent que le LPC réduit bien les ambiguïtés de la lecture labiale.

1.4.5. Communication totale

Selon Hansen, du Centre pour la communication totale à Copenhague, celle-ci est d'abord une philosophie de la communication et non une méthode de communication ou d'apprentissage. Elle implique une volonté d'employer tous les moyens pour comprendre et être compris (les gestes naturels, le langage gestuel normalisé, l'éducation de l'ouïe, du rythme phonatoire et autant que possible le port de prothèse, la lecture labiale et le LPC, enfin l'écriture et la lecture). Les buts poursuivis par la communication totale sont :

- favoriser une exposition spontanée et propice au développement du langage ;
- permettre à l'enfant de choisir librement son moyen de communication préféré dans n'importe quelle situation ;
- créer un langage commun dans la classe, basé à la fois sur le langage gestuel et le langage parlé ;
- donner à l'enfant sourd identité et respect de lui-même par une communication réussie.

Tout ce qui est susceptible de clarifier ou de faciliter la communication doit être pris en considération et adopté en fonction des individus. La communication totale implique une attitude d'ouverture à l'égard de toutes les méthodes ainsi qu'une reconnaissance des différences individuelles entre les sourds et, par conséquent, la nécessité d'admettre et de prévoir des approches différentes selon les situations familiales, scolaires et sociales (O. Périer dans [NEV85]).

1.5. Education des enfants à déficience auditive

"Comment mettre les enfants et les adolescents sourds en mesure d'exercer le droit de l'accès au bilinguisme (langue orale et langue des signes) est de choisir librement quelle part d'eux-mêmes ils consacreront à la communauté des sourds et à la langue des signes, et quelle part à la société des entendants et à la langue orale et écrite? Pour avoir cette liberté, il leur faut atteindre la plus grande maîtrise possible de l'une et de l'autre langue et c'est quant aux moyens d'y parvenir qu'il n'y a pas d'unanimité." (O. Périer dans [NEV85]).

1.5.1. Méthodes éducatives

En 1985, trois catégories de méthodes étaient suivies pour l'éducation des enfants sourds :

- les méthodes orales ;

Quatre variantes des méthodes orales sont possibles.

D'abord, il y a les méthodes auditives sans lecture labiale, basées sur l'hypothèse défendue par Wedenberg selon laquelle l'attention portée aux lèvres interfère avec l'écoute auditive et pourrait nuire au développement optimal des capacités auditives résiduelles.

Ensuite, nous retrouvons les méthodes audio-orales, utilisant simultanément les aspects acoustiques de la parole et ses aspects visuels, accessibles par lecture labiale, sans privilégier les uns par rapport aux autres.

Finalement, les deux dernières méthodes orales consistent à soutenir la méthode audio-orale par des aides manuelles. Le premier moyen est la représentation manuelle des phonèmes (méthode Borel-Maisonny) ; l'information donnée est redondante par rapport à la lecture labiale. Le second moyen est une aide manuelle complémentaire à la lecture labiale telle que le LPC ou l'Alphabet des Kinèmes Assistés (AKA).

- les méthodes combinées unilingues ou bilingues ;

Les méthodes combinées unilingues sont audio-orales, accompagnées soit par la dactylologie, soit par le français signé (constituant alors la communication bimodale). Il faut remarquer néanmoins que la dactylologie, en tant qu'épellation, ne s'adapte pas au rythme de la parole.

Les méthodes combinées bilingues utilisent, d'une part, une méthode audio-orale pour l'apprentissage de la langue vocale de la communauté entendante et, d'autre part, la langue des signes de la communauté des sourds.

- les méthodes gestuelles.

Les méthodes gestuelles recourent exclusivement à la langue des signes de la communauté des sourds, la langue de la communauté entendante n'étant enseignée qu'ultérieurement en tant que deuxième langue (O. Périer dans [NEV85]).

1.5.2. Ecole maternelle

A. Choix du type d'enseignement

L'éducation précoce des jeunes enfants à déficience auditive est prolongée par la scolarité maternelle. Au moment de l'entrée à l'école, un choix délicat doit être fait par les parents, accompagnés pour cela par des professionnels. Faut-il préférer l'école maternelle ordinaire ou un enseignement spécialisé? L'option de l'enseignement ordinaire présente indéniablement des avantages en raison de la richesse des stimulations linguistiques et pédagogiques offertes. Cependant, s'il n'est pas adapté aux difficultés spécifiques de l'enfant, le risque existe que les progrès de celui-ci soient entravés. L'école maternelle spécialisée, quant à elle, se donne pour mission de poursuivre de manière intensive l'éducation à la communication et au langage des enfants accueillis, d'observer attentivement leur évolution et de les préparer à l'entrée à l'école primaire (ordinaire ou spécialisée). De toute manière, il est clair que le choix de l'enseignement à prodiguer à un enfant sourd reste un choix parental, en fonction de leur philosophie, du caractère de leur enfant et de ce qu'ils pensent être le meilleur pour le développement de celui-ci.

Les méthodes éducatives pratiquées à l'Ecole Intégrée de Bruxelles, ainsi que dans le cadre du programme d'éducation précoce précédant l'entrée à l'école, représentent une forme particulière de communication totale : elles combinent, en début d'éducation, la méthode verbo-tonale, le français signé et le LPC. Le choix du français signé et du LPC a été dicté par un double objectif prioritaire : donner aux enfants sourds un outil efficace et précoce de communication linguistique, tout en leur permettant d'acquérir la langue française dans toute sa complexité. Pour réaliser cette combinaison, il convient tout d'abord d'instaurer une

communication efficace vis-à-vis des enfants les plus jeunes. A ce niveau, l'utilisation du français signé est privilégiée : dans la mesure la plus grande possible, les mots de la chaîne parlée sont dits ainsi que représentés simultanément par des signes. Cependant, afin de fournir à l'enfant une version manuelle complète du message oral, l'adulte recourt aux clés du LPC pour représenter les morphèmes grammaticaux du français. De plus, l'emploi du LPC permet à ce même adulte de représenter des éléments lexicaux dont l'équivalent signé est soit absent, soit inconnu de lui. Par la suite, de façon progressive et en fonction des besoins particuliers de chaque enfant, les signes seront remplacés par les clés du LPC. De cette manière, l'enfant pourra produire des signes de façon autonome et pertinente en différents contextes.

B. Interactions entre enseignants et enfants

A propos de la communication entre l'enseignant spécialisé et les jeunes enfants sourds de classe maternelle, les observations montrent l'influence du contexte sur le recours préférentiel à un moyen de communication tantôt verbal, tantôt non-verbal. Toutes les intentions communicatives, généralement émises par les jeunes enfants entendants, peuvent être exprimées par les enfants sourds observés. Toutefois, il arrive qu'ils recourent à une production accrue de comportements non-verbaux (gestes, manipulations d'objets) afin de compenser leurs lacunes en langage oral. Contrairement à ce qui pourrait être supposé a priori, c'est au cours de la situation de repas qu'il y a le plus grand nombre de verbalisations ; sans doute, parce qu'il s'agit là d'une situation bien connue qui se déroule selon une séquence prévisible. En conséquence de quoi, les auteurs recommandent de ne pas sacrifier l'échange aux exigences du formalisme verbal dans les situations cognitivement plus complexes (par exemple, celles où il s'agit d'induire la compréhension de notions abstraites). Tout moyen permettant d'éviter les ruptures de communication devrait ainsi pouvoir être utilisé ou admis par l'enseignant.

Selon D.Wood, l'enfant sourd ne peut acquérir le langage dans un environnement scolaire que pour autant qu'il puisse, lors des interactions avec les adultes expérimentés que sont les enseignants, faire l'expérience, au moins à certains moments, de la production d'un discours autonome, ceci au sein d'un échange conversationnel vrai, d'un véritable dialogue. Or, les enseignants, quant à eux, ressentent surtout la nécessité d'organiser un *programme de langage*. En raison de quoi, ils tendent à privilégier la présentation de certaines formes verbales et de certains contenus ainsi qu'à recourir à un style d'interaction didactique plutôt que conversationnel. Ne conviendrait-il pas qu'ils s'interrogent davantage à propos du contenu et de

la valeur des thèmes évoqués, des activités qui servent de base à leur discours et de la manière dont ils gèrent les interactions?

Dans les travaux réalisés, c'est souvent le langage adressé à l'enfant sourd par sa mère qui a été étudié. Cet accent porté sur la mère tend à faire oublier l'influence exercée sur l'enfant par les autres membres de la famille. De plus, en dehors de ses parents, l'enfant sourd est amené à rencontrer beaucoup d'autres adultes investis, à son égard, d'une mission d'éducation au langage. Parmi ceux-ci, il y a les enseignants des classes spécialisées dont le rôle, tout comme celui des parents et des thérapeutes du langage, est d'une importance capitale. Or, les enseignants ont parfois tendance à dominer et à contrôler les interactions communicatives avec les enfants sourds, même dans les contextes éducatifs ayant opté pour les principes de la communication totale.

Dans l'enseignement ordinaire, l'idéal poursuivi par l'institution-école est que l'enseignant parle et l'élève écoute : le discours de l'enseignant représente environ 75% de ceux échangés dans la classe. A priori, dans la cadre de l'enseignement spécialisé, la situation pourrait être différente en raison du nombre réduit d'élèves et de la motivation de l'enseignant à promouvoir le développement du langage. Cependant, cette hypothèse ne se vérifie pas nécessairement dans les faits. Alors que les entreprises de stimulation du développement du langage devraient tenir compte du contexte social dans lequel la stimulation s'opère, les enseignants de jeunes sourds se concentreraient surtout sur l'enseignement des aspects formels du langage (phonologiques, syntaxiques et lexicaux) et ceci, en ignorant largement l'importance des aspects fonctionnels de la communication langagière. Pour tenir compte de ces derniers aspects, ils devraient se concevoir, non seulement, comme *enseignants du langage* mais, aussi, comme *agents facilitateurs* de l'expression des élèves. Cela impliquerait d'aménager davantage d'activités *non-traditionnelles* telles que des conversations, des résolutions de problèmes, des jeux de rôles, un apprentissage coopératif...

De fait, dans le domaine de l'éducation des enfants sourds, plusieurs approches pédagogiques soulignent l'importance des conversations : les échanges mutuels d'idées et de sentiments entre l'enfant et l'adulte représentent le creuset de l'acquisition et du développement du langage. Mais une conversation n'est ni un débat (où le thème est nettement circonscrit) ni une interview (par laquelle quelqu'un cherche à obtenir de l'information) ni un enseignement (par lequel quelqu'un cherche à transmettre de l'information). C'est, en revanche, un échange relativement informel et spontané, marqué par une réciprocité d'attention et d'intérêt dans

lequel chacun des partenaires a le loisir d'introduire un thème nouveau et où les idées se succèdent sans plan arrêté d'avance.

En classe, il ne suffit donc pas, pour que s'engage une vraie conversation, que l'enseignant propose un thème susceptible d'intéresser les élèves, il lui faut encore veiller au style d'interaction. Noyer les enfants sous les paroles, les bombarder de questions ou les reprendre fréquemment pour corriger leurs erreurs ne constituent pas des activités conversationnelles, mais des activités d'enseignement. Il faut tendre, au contraire, à ce que se réalise une réciprocité dans l'échange et, à cette fin, être particulièrement attentif à toutes les ouvertures conversationnelles émanant des enfants, même si celles-ci sont des vocalisations encore immatures et peu intelligibles.

1.5.3. Education bimodale unilingue

L'éducation bimodale unilingue implique que les parents, les éducateurs, c'est-à-dire l'entourage de l'enfant, s'adressent à lui en soutenant la parole au moyen de la production de signes empruntés à la langue des signes et émis selon l'ordre syntaxique de la phrase orale. Il faut noter pourtant que, lors de l'usage d'une *langue parlée et signée*, la partie signée du message ne représente, dans de nombreuses situations, qu'une version incomplète de la composante orale. En effet, même si elle facilite la compréhension du message, la chaîne signée ne peut reproduire dans toutes leurs nuances les particularités sémantiques et les rôles syntaxiques des différents éléments composant la chaîne orale.

Pour remédier à ce fait, et pour répondre à des impératifs d'ordre pédagogique, différentes formes d'*anglais signé* ou d'*anglais manuel* ont été élaborées aux Etats-Unis. Ces systèmes complètent les signes radicaux empruntés à la langue des signes américaine, au moyen de signes inventés, conçus afin de reproduire le plus fidèlement possible les particularités morpho-syntaxiques de la langue anglaise orale et écrite. Ces signes artificiels, qui ne font pas partie de la langue des signes proprement dite, représentent soit des mots (articles, conjonctions, prépositions, etc.), soit des parties de mots de la langue orale (marques d'accord du verbe, du pluriel, du comparatif, etc.).

Le but explicite de tels systèmes, qualifiés d'*anglais signé exact*, est d'augmenter l'efficacité de l'enseignement de la langue anglaise. La connaissance de ces systèmes varie parmi les membres adultes de la communauté des sourds. Habituellement, ils n'y recourent pas pour communiquer entre eux, bien que certains adultes cultivés puissent utiliser efficacement

l'une ou l'autre version systématique d'anglais signé lorsqu'il s'agit de communiquer avec des entendants.

Il faut signaler que l'usage d'un système d'*anglais signé exact* est astreignant, en raison de la charge mentale imposée aux utilisateurs. En outre, il est impossible, par cette voie, de produire des phrases à la même vitesse qu'en langue orale ou qu'en langue des signes seule.

Dans notre pays aussi, le recours aux signes en tant que support de la parole s'est répandu. Ainsi, selon les diverses institutions, les signes empruntés à la langue des signes sont complétés par le recours soit à la dactylogogie (*français signé strict*), soit au Langage Parlé Complété ou encore à l'Alphabet des Kinèmes Assistés.

A l'école maternelle, les enfants bénéficiant soit de la communication totale en anglais signé, soit de la dactylogogie, obtiennent des résultats supérieurs à ceux des enfants purement *oralistes* aux épreuves de réception et de compréhension du langage. Ceci, à condition que les structures syntaxiques utilisées ne soient pas trop complexes, auquel cas les erreurs sont fréquentes chez tous les enfants.

Une observation est également importante à souligner : autant au niveau primaire que secondaire, les résultats d'enfants sourds de parents sourds sont généralement supérieurs aux enfants sourds de parents entendants. Cette supériorité est encore plus signifiante pour les enfants dont les parents sourds ont décidé d'utiliser l'anglais signé plutôt que la langue des signes. Les performances plus faibles des enfants qui sont soumis à un oralisme intensif s'expliquent par le fait que leurs aptitudes à la lecture labiale sont loin de se développer au point qu'ils puissent bénéficier de l'ensemble des conversations familiales qui représentent un input linguistique de valeur inestimable au cours des premières années.

L'intervention de la langue des signes dans l'éducation procure, en effet, aux sourds :

- la possibilité d'un développement adéquat de leur pensée ;
- une communication vraie, complète et enrichissante qui, par son succès, leur apporte la conscience de leur appartenance au monde des sourds et leur rend une identité ;
- la possibilité d'accéder aux connaissances les plus fines et à une formation, même universitaire, grâce à des interprètes professionnels.

Les premières expériences réalisées avec des sourds assistés par des interprètes dans des classes d'enfants entendants ont été très positives, tant du point de vue de l'épanouissement relationnel qu'intellectuel. Sans altérer nullement l'expression orale de ces étudiants, toujours

entraînés en audiophonologie, la langue des signes et les interprètes ont permis d'atteindre un niveau de culture et un développement de la pensée équivalents à tout adolescent entendant (S. Demanez dans [NEV85]).

L'usage de l'anglais signé ne se limite évidemment pas aux contextes d'éducation précoce et préscolaire. Il se poursuit conjointement à celui de la langue orale dans un certain nombre de programmes scolaires de niveau primaire et secondaire, définis dès lors en tant que programmes de communication totale. L'intérêt de ces programmes réside en ce qu'ils reconnaissent officiellement cet usage et qu'ils substituent à la multiplication désordonnée de gestes dits *naturels* un système organisé de gestes formels, transmissible par enseignement. Une autre caractéristique des programmes de communication totale est que, dans la plupart d'entre eux, il est bien évident que l'usage du système signé est mis avant tout au service du renforcement de l'apprentissage de la langue orale.

Pour Bornstein (1978), l'une des conditions de l'efficacité de l'enseignement de la langue anglaise est que les enseignants puissent, dans les situations diverses de la vie scolaire, établir à l'intention de leurs élèves des distinctions claires entre les particularités linguistiques de l'ASL, de l'anglais signé et de l'anglais. Cela implique qu'ils connaissent la langue des signes en plus de l'anglais signé et/ou qu'ils puissent faire appel facilement à un expert en cette langue. L'exposition à l'anglais signé doit donc être complétée par l'enseignement intentionnel et systématique des règles et structures complexes de la langue anglaise. Cependant, il est à noter qu'à tout âge, l'usage de l'anglais signé paraît influencer négativement l'intelligibilité de la parole de l'enfant parce qu'il lui est bien difficile de partager son attention entre le contenu du message exprimé manuellement et les mots à prononcer. La parole accompagnant la plupart des messages signés se réduit, très souvent, à quelques vocalisations émises aux points principaux du discours.

Certains mettent en doute l'utilité du recours à l'anglais signé à des fins d'enseignement. Par exemple, une proposition alternative, selon laquelle l'anglais signé devrait être remplacé par la langue des signes dans les contextes scolaires, connaît un succès croissant aux Etats-Unis. La langue des signes représenterait le véhicule principal de la communication didactique et la langue orale serait, quant à elle, enseignée en tant que seconde langue. En Belgique, cette possibilité n'est pas praticable : il faudrait pour cela que la formation des professeurs sourds en langue des signes soient agréée par l'Etat.

Il y a un peu plus de vingt ans, le recours aux signes dans les programmes d'éducation pour jeunes sourds devenait de règle aux Etats-Unis. Ce recours était alors présenté comme une révolution majeure : la communication totale, succédant enfin à l'oralisme exclusif, se voyait attribuer le pouvoir de remédier à la pauvreté des acquis scolaires et académiques constatée chez la plupart des personnes sourdes.

Les premiers travaux entrepris en matière de communication totale ont surtout visé, d'une part, à perfectionner et à standardiser les systèmes d'anglais signé et, d'autre part, à mobiliser et à former les parents et les éducateurs en vue de l'utilisation de ces systèmes. Vinrent ensuite les premiers essais d'évaluation. Ceux-ci sont hétérogènes quant à leurs objectifs et leurs méthodologies ainsi que du point de vue des pratiques de communication totale étudiées, et des modes de description de ces pratiques. Il est donc difficile, à partir de l'ensemble de ces recherches, de tirer des conclusions définitives.

Une constatation s'impose : les enfants et adolescents exposés à l'anglais signé et s'avérant aptes à comprendre ainsi qu'à s'exprimer convenablement par ce moyen de communication, n'atteignent pas nécessairement les niveaux espérés en expression orale et écrite. Il est bien sûr possible de suspecter la qualité de l'input linguistique fourni et attendre des parents et des enseignants une perfection considérable dans le maniement d'un système anglais signé exact. Malheureusement, les observations montrent que fort peu de personnes parviennent à utiliser un tel système avec la constance et la rigueur voulues.

Des alternatives sont aujourd'hui proposées mais aucune ne prône le retour à l'oralisme exclusif. Certaines ont trait à des aménagements de la pratique de l'anglais signé. Par exemple, afin que la chaîne signée représente fidèlement la chaîne parlée, il est recommandé aux utilisateurs de représenter, à l'aide du LPC ou de la dactylologie, les morphèmes oraux plus difficiles à signer ou encore d'associer des traits et procédés de l'ASL au sein de la chaîne signée. D'autres propositions sont plus générales et impliquent la réorganisation des contextes éducatifs. Cependant, l'expansion de l'anglais signé ne semble pas avoir permis de relever de façon spectaculaire les niveaux moyens de réussite scolaire et académique des jeunes sourds.

Pour les adeptes de l'approche bilingue, la possibilité d'utiliser dans tous les contextes, y compris éducatifs, la langue des signes en plus de la langue orale et écrite reste la condition par excellence de l'épanouissement personnel, social, académique et culturel des personnes sourdes.

Mais puisque les données empiriques recueillies jusqu'ici n'apportent pas de réponses définitives, le choix de recourir ou non à une langue parlée et signée relève, en dernière

analyse, de la philosophie et des convictions des éducateurs. L'avantage indéniable de la communication totale, par rapport aux méthodes exclusivement audio-oraux ou gestuelles, réside en la libération des échanges entre l'enfant sourd et ses partenaires sociaux, libération qui favorise l'équilibre affectif ainsi que le développement cognitif de l'enfant. Le risque à éviter serait de négliger l'éducation au langage oral et écrit, qui requiert des aménagements spécifiques ainsi que des efforts pédagogiques réfléchis.

1.6. Conclusion

"Il n'a jamais été dit qu'entendre moins bien, c'est être moins intelligent. L'outil manque, le moyen d'exprimer, de développer ou même de former son intelligence peut faire défaut. L'accession au langage parlé est beaucoup plus difficile. Mais les facultés intellectuelles sont bien là. (...). Il ne faut pas se méprendre sur la nature du handicap. Le jeune sourd-muet n'était pas un débile. La grand-mère, qui ne comprend plus les cris aigus de ses petits-enfants n'est pas en train de devenir gâteuse. Ne transposons pas une gêne relationnelle en un handicap intellectuel." [BAR92].

Heureusement, les existences d'un déficit sensoriel et d'un handicap intellectuel ne sont désormais plus confondues par la plupart des gens. Etant maintenant convaincus de la possibilité de communication et de formation des personnes à déficience auditive, même si elle prend plus de temps que pour les personnes entendant, il est dorénavant important de se questionner sur le mode d'éducation qui leur est le plus approprié. Il semble clair aujourd'hui que le but soit le développement et l'épanouissement de la personne sourde concernée et que, dès lors, les choix effectués quant à son éducation doivent être guidés par sa personnalité.

Finalement, malgré les progrès réalisés depuis le début des années 80 dans l'acceptation et la véritable intégration des sourds (c'est-à-dire par leur reconnaissance), il reste un long chemin à parcourir. Par exemple, il conviendrait de fournir un encadrement statutaire et juridique au nouveau métier d'interprète en langue des signes. "L'intégration des sourds dans la société d'entendants se fera au prix d'un effort mutuel de compréhension en tenant compte des différences profondes entre ces deux mondes. L'état de bien - ou de mal - être d'une société est révélée surtout par l'état des personnes qu'elle désigne sous le vocable 'handicapé'." (C. François dans [NEV85]).

Chapitre 2 : Déficience auditive et informatique

Il existe de plus en plus de projets dans le développement d'outils informatiques destinés à fournir une aide aux personnes à déficience auditive. En parcourant la littérature, nous en avons retenu quelques-uns à titre d'exemple.

Pour commencer, nous décrivons certains logiciels, très répandus chez les logopèdes depuis plusieurs années, qui ont comme objectif l'apprentissage de la parole (section 2.1.). Ensuite, nous parlons des systèmes d'aide à la communication (section 2.2.) et, finalement, des dictionnaires de signes informatisés (section 2.3.).

2.1. Apprentissage de la parole

Dans cette section, nous proposons, à titre illustratif, deux projets d'aide pour l'apprentissage de la parole aux personnes à déficience auditive : une animation informatique pour l'enseignement de la lecture labiale (sous-section 2.1.1.) et une aide d'entraînement à la parole (sous-section 2.1.2.).

2.1.1. Animation informatique pour l'enseignement de la lecture labiale

Un des systèmes d'enseignement de la lecture labiale, décrit dans [BOT93], consiste à montrer sur l'écran l'animation du visage d'une personne en mettant l'accent sur les mouvements de sa bouche. La personne à déficience auditive doit apprendre à reconnaître les différents mots qui sont articulés. Ce projet de recherche a été développé à l'Université Technique de Berlin en mars 1991.

Cette animation constitue un modèle de mouvements d'articulation coordonnés, couvrant les lèvres, les dents et le déplacement de la langue.

Les premières évaluations de ses performances ont été menées avec des enfants de 14 à 16 ans pendant deux semaines de cours intensifs : suite à cette période, la reconnaissance de longs mots uniques a augmenté approximativement de 15% en présence d'une personne réelle.

2.1.2. Aide d'entraînement à la parole

HARP, présenté dans [ROO95], est un projet qui développe un système de réhabilitation à la parole pour les personnes à déficience auditive. Le système fournit un feed-back visuel pour assister l'entraînement à la parole ; il commence avec des cours en français et en anglais. Le système est autonome, c'est-à-dire utilisable sans la supervision d'un thérapeute, et sera employé pour compléter les services offerts aux sourds par les thérapeutes et les enseignants, dans les hôpitaux, les écoles ou à la maison.

Une des caractéristiques clés de la conception du système HARP est que, grâce à son développement de type multimédia, il va offrir un outil d'enseignement très motivant, accessible et flexible. Un second facteur d'efficacité de ce système est la facilité d'analyse de la parole fournie, selon une technique d'enseignement de la prononciation pour les étudiants en langue étrangère.

Le système HARP a été développé pour les enfants et les adultes, divisés en quatre groupes de sourds : les pré-linguaux, les post-linguaux, les personnes âgées et les utilisateurs des implants cochléaires. Les différents besoins de chaque groupe déterminent non seulement la fourniture des modules d'analyse mais également la conception de l'interface utilisateur du système. En effet, les jeunes enfants et les personnes âgées peuvent manquer de dextérité manuelle avec certains systèmes informatiques. Les enfants ont également des facultés linguistiques moins développées et un vocabulaire très réduit qui limitent le type de langage utilisé dans l'usage et les instructions.

Le système HARP fournit différents modèles de cours pour couvrir les problèmes typiques de la parole chez les personnes malentendantes. Il commence par l'acquisition des aptitudes de base de la parole, en utilisant des sons isolés ou soutenus, et se poursuit par le contrôle de ces paramètres dans la parole.

HARP a été conçu pour un large éventail d'utilisateurs ayant des facultés linguistiques et physiques différentes. L'interface utilisateur est donc élaborée pour assurer un maximum d'accessibilité et de choix. L'utilisateur peut contrôler le système en utilisant soit le clavier, soit la souris, ou encore un écran sensoriel.

Pour rendre le système complètement autonome, une aide et des instructions sont fournies à toutes les étapes d'une leçon en utilisant une vidéo multimédia. L'utilisateur peut choisir entre la parole sous-titrée, souhaitable pour ceux qui sont capables de lire sur les lèvres

ou ceux qui entendent un peu, et les signes, réduits au départ à la langue des signes britannique.

A côté de ce système, nous pouvons évoquer des logiciels, déjà très répandus chez les logopèdes, qui consistent à montrer la courbe de fréquence d'une phrase sur l'écran. La personne qui apprend à parler doit essayer, en émettant cette phrase oralement, de produire une courbe aussi fidèle que possible à celle qui lui a été présentée.

2.2. Aide à la communication

Dans cette section, nous présentons deux projets d'aide à la communication pour personnes à déficiéce auditive. Le premier est le système de vidéophone (sous-section 2.2.1.) et le second un système de traduction de la langue des signes (sous-section 2.2.2.).

2.2.1. Vidéophone

Emmanuelle Laborit souligne l'importance qu'a eu le minitel dans son existence : "Cet instrument me permet de communiquer librement avec mes copains, par écrit. C'est un cadeau somptueux, une libération!" [LAB94]. Ceci n'est qu'un exemple particulier, mais il est clair que les sourds sont à la recherche de moyens de communication.

C'est pourquoi nous analysons maintenant la possibilité de l'usage des vidéophones, tels que décrits dans [KAM93], pour que les personnes à déficiéce auditive puissent communiquer en langue des signes. Notons dès à présent que toutes les personnes sourdes émettent un avis favorable à l'égard des vidéophones.

Le téléphone traditionnel est un moyen de communication audio-oral parfaitement adapté aux personnes entendants. Mais qu'en est-il pour les personnes sourdes?

Au Japon, beaucoup de personnes à déficiéce auditive utilisent le fax pour communiquer avec d'autres. Elles utilisent le japonais écrit et, par conséquent, les communications réalisées ne sont pas de vraies conversations : il n'y a ni temps réel ni réciprocité.

Dans le passé, plusieurs études ont été menées sur la réalisation de la communication par signes grâce aux réseaux téléphoniques ordinaires. Ces études, toutefois, ont montré certaines difficultés dans la qualité des images transmises à cause d'une trop faible largeur de bandes.

Il existe maintenant un système de communication à large bande appelé ISDN (Integrated Services Digital Networks) qui offre de bons services de communication au niveau des images. Le vidéophone est un de ces nouveaux services basé sur ISDN.

D'autres études sur la conversation en langue des signes utilisent le système de vidéoconférence ayant une beaucoup plus grande largeur de bande que les canaux de base en ISDN. Bien que la qualité des images transmises par le système de vidéoconférence soit meilleure que celle des vidéophones pour un canal de base, le terminal de vidéoconférence est plus cher que le vidéophone et donc moins accessible pour un particulier.

Le but de la recherche présentée dans [KAM93] est de vérifier dans quelle mesure les personnes à déficiéce auditive peuvent communiquer en langage des signes grâce au vidéophone sur les canaux de base d'ISDN.

- La résolution spatiale et temporelle n'est pas aussi bonne que des images de télévision ordinaires. Lors de l'utilisation du vidéophone, il s'avère que la configuration de la main est assez difficile à percevoir. Certains utilisateurs disent que la discrimination entre certains signes est difficile.
- L'effet de la qualité de l'image sur l'expression faciale, la forme de la bouche et la fixation du regard est important également. Certains sujets ressentent des difficultés dans la perception des expressions faciales ou de la forme de la bouche, mais cela n'altère pas outre mesure la conversation. De toute manière, si les personnes à déficiéce auditive ont quelques problèmes dans la perception des paramètres d'un signe, elles demandent à l'autre partie de répéter le signe.
- La résolution de l'image cause un certain sentiment de stress et rend les conversations moins naturelles que celles en face à face. Par contre, la vitesse d'enchaînement des signes lors de l'utilisation du vidéophone (60-80 signes/minute) est presque la même que celle lors d'une conversation réelle (70-90 signes/minute).
- L'utilisateur à déficiéce auditive se positionne à peu près à un mètre du vidéophone de façon à ce que le mouvement entier du signe puisse être transmis à l'autre partie. Ceci peut causer quelques problèmes dans le réglage du vidéophone ou lors de l'usage de la parole.

En conclusion, tous les sujets sont unanimes pour dire que le vidéophone leur est utile. Ils peuvent converser entre n'importe quels lieux en langue des signes. Ils souhaiteraient seulement une meilleure résolution d'images, comme des images de télévisions ordinaires, et peut-être une légère amélioration de l'interface utilisateur.

2.2.2. Système de traduction de la langue des signes

La langue des signes japonaise (JSL) est fort différente de la langue orale et écrite japonaise au niveau des moyens de représentation, du vocabulaire et de la grammaire. Puisque la langue des signes n'est pas communément connue par toutes les personnes entendant, celles-ci communiquent généralement avec les personnes à déficience auditive grâce à des interprètes. Toutefois, il est important que les personnes sourdes puissent communiquer directement avec les personnes entendant sans cet intermédiaire.

Le modèle de reconnaissance et de synthèse pour des systèmes de traduction de la langue des signes est un système qui transcrit la langue des signes japonaise en japonais et vice versa [OHK94a]. Dans ce système, les données sur les formes et les positions de chaque main sont introduites au moyen d'un gant de données (*DataGlove*). Les mouvements des mains ainsi introduits sont ensuite reconnus et traduits en phrases japonaises. Le texte japonais, quant à lui, est traduit en langue des signes et représenté sous forme d'une animation graphique en 3 dimensions.

Au niveau de la reconnaissance des signes, plusieurs paramètres sont importants : les mouvements des mains, les expressions faciales et les gestes, en temps réel et des signes non spécifiques.

Le système utilise des gants de données (très connus en réalité virtuelle) pour introduire le mouvement des mains sur base de fibres optiques. La position des mains est détectée par un détecteur magnétique. Les informations ainsi obtenues par les gants de données comprennent la courbure des doigts ainsi que la position et la direction de la main.

Toutefois, un problème subsiste : il est difficile de reconnaître les mouvements des mains en peu de temps parce que la quantité d'informations venant des gants de données est trop grande. Afin de remédier à ceci, les traits caractéristiques des mouvements des mains sont extraits avant de comparer leur configuration à des configurations standard enregistrées à l'avance dans le système. Ce processus d'établissement de correspondance entre configurations,

appelé *pattern matching*, est accéléré en réduisant le nombre de données par l'extraction des caractéristiques.

Il existe deux systèmes de traduction de la langue des signes en japonais. Le premier traduit des phrases continues de la langue des signes en phrases japonaises. Cependant, son vocabulaire consiste seulement en 70 mots et il traduit uniquement des phrases très simples. Le second transpose les phrases signées en mots individuels et ignore la structure de la phrase, mais il possède un vocabulaire plus large (100 mots).

La partie synthèse du système est la composante qui traduit le japonais en JSL.

Les informations pour les animations graphiques en 3 dimensions sont enregistrées au moyen des gants de données. Cela permet de les rendre plus naturelles au niveau des mouvements. Il est nécessaire de connecter les intervalles entre tous les signes pour pouvoir jouer l'animation comme une phrase continue de la langue des signes. Pour ce faire, l'animation est construite de manière telle que la position finale des mains pour un mot corresponde à la position initiale du suivant. En conséquence, la phrase en langue des signes est jouée comme une animation suivie.

En conclusion, ce système peut être perfectionné en augmentant la vitesse de reconnaissance pour plus de vocabulaire. Il peut également devenir un média d'information et de communication pour les personnes malentendantes. Un futur système de téléphone [OHK95b], consiste en l'association de ce dispositif et d'un réseau global de téléphone pour permettre aux personnes à déficience auditive de communiquer avec une autre personne, quelle que soit leur situation géographique. Ce nouveau système peut traduire, par exemple, la langue des signes japonaise en anglais et transmettre ceci à une autre partie. La réponse anglaise de l'autre partie est renvoyée au téléphone de la langue des signes où elle est reconnue et convertie en un texte. Ce texte est lui-même transposé en langue des signes japonaise et représenté par une animation graphique tridimensionnelle.

2.3. Dictionnaires de signes

Plusieurs projets sont consacrés au développement de dictionnaires de langue des signes et sont évoqués dans [FRI93]. Nous les présentons brièvement dans cette section.

Le Dictionnaire de la Langue des Signes Américaine (*Dictionary of American Sign Language*) est le premier dictionnaire bilingue pour une langue des signes. Dans ce langage, les signes sont écrits en utilisant un ensemble de symboles spécialisés et classés selon leurs propriétés de formation (configuration des mains, localisation et mouvements), plutôt que par ordre alphabétique ou par leur traduction anglaise. Ce dictionnaire est destiné à être incorporé dans un document multimédia.

Un autre projet de dictionnaire, développé en Allemagne, est un CD-ROM de termes pour la technologie informatique. Il marque le premier volume dans une série de projets informatiques destinés au matériel d'apprentissage pour l'éducation vocale des personnes sourdes. Les utilisateurs sont les enseignants et les interprètes en langue des signes, qui ont besoin de trouver les signes appropriés aux termes techniques de l'allemand ou de l'anglais, et les personnes sourdes qui sont intéressées par l'apprentissage de l'informatique.

Une équipe de 14 personnes sourdes, toutes expertes en informatique ou expérimentées comme utilisatrices de l'informatique, a collecté les signes équivalents à 1500 termes de l'allemand et leur traduction anglaise.

Le dictionnaire électronique résultant pousse les utilisateurs à consulter les termes, les définitions, les explications et les exemples, comme ils le feraient en feuilletant un livre imprimé. Mais l'utilisateur de ce dictionnaire peut également rechercher le signe correspondant en langue des signes allemande sous la forme de films. Le sujet peut changer l'image d'une liste de termes en une liste de catégories ou en un texte présentant des définitions et des exemples de phrases. Le dictionnaire contient également des figures, des diagrammes, des représentations graphiques et des films d'objets, ainsi que des animations de relations.

**Partie II : Réalisation d'une
application d'aide à
l'enseignement de la langue des
signes destiné aux enfants à
déficience auditive**

Chapitre 3 : Spécification de l'application

Nous avons réalisé cette application pour un professeur de mathématiques de l'école d'enseignement spécial pour enfants sourds de Lund en Suède. Dans cette école se côtoient les langues orale et écrite.

Le but recherché est d'uniformiser le vocabulaire mathématique de la langue des signes suédoise utilisé dans le cadre du cours de ce professeur. L'application est donc destinée à des enfants âgés de 9 à 15 ans. Pour la réalisation de cet objectif, nous nous sommes concentrés, à la demande du professeur, sur du vocabulaire issu de problèmes rencontrés dans des leçons concernant le concept de pourcentage.

L'application comprend trois fonctionnalités ou exercices (nous utiliserons d'ailleurs indifféremment l'une ou l'autre expression par la suite). Les sections suivantes présentent des remarques générales pour l'ensemble de l'application (section 3.1.) et la spécification globale des différentes fonctionnalités exprimée par le professeur (sections 3.2., 3.3. et 3.4.).

3.1. Remarques générales en vue de la réalisation de l'application

3.1.1. Films présentant les traductions gestuelles

Le cadrage des films présentant les traductions gestuelles doit être assez resserré pour ne laisser apparaître que la partie supérieure du buste de l'interprète. Ceci est dû au fait que le visage, par ses expressions et par l'articulation des mots, remplit un rôle primordial de communication dans la langue des signes (comme nous l'avons évoqué dans la section 1.4.4.). Ainsi, un même signe peut représenter différents mots, la véritable signification étant déterminée sur base de l'articulation. Un tel cadrage doit donc permettre d'avoir le visage du professeur assez grand à l'écran.

Outre l'aspect de la dimension du visage dans ces films, évoqué au paragraphe précédent par l'entremise du cadrage, il faut veiller à sa distinction. Il est donc nécessaire d'assurer un bon contraste entre celui-ci et le fond de l'image.

Au niveau des mouvements, tant les signes que l'articulation de la bouche doivent apparaître de manière fluide et naturelle à l'écran. Cela a pour conséquence l'inutilité de fournir des possibilités de contrôle des films telles que le ralenti. En effet, le ralenti rendrait les mouvements plus saccadés, donc non naturels et difficiles à saisir pour des enfants qui, rappelons-le, ont l'habitude de la langue des signes. Seule la possibilité de revoir la traduction gestuelle est intéressante et doit, qui plus est, être fournie le plus souvent possible.

3.1.2. Transcription du signe présenté

La transcription doit être associée de façon claire et non équivoque au signe dont la traduction gestuelle est présentée à l'écran. Cela implique que le mot doit être écrit en caractères suffisamment grands et le plus près possible du signe présenté pour faciliter l'établissement de la correspondance entre les deux, étant donné que l'impression visuelle est prédominante pour les sourds.

3.2. Spécification de la fonctionnalité *Learning Signs*

Le but de la fonctionnalité *Learning Signs* est de fournir, à la demande de l'utilisateur, la traduction gestuelle de mots ou d'expressions présents dans le système et, par conséquent, d'en permettre l'apprentissage.

Deux types d'input sont à prévoir : une liste de sélection et un champ d'édition. L'utilisateur aura donc la possibilité de demander la traduction gestuelle d'un mot (d'une expression) en le (la) sélectionnant dans la liste de sélection ou en l'introduisant dans le champ d'édition.

La liste de sélection doit comprendre tous les mots pour lesquels une traduction gestuelle est disponible dans le système et uniquement ceux-là. Elle doit être triée selon l'ordre alphabétique. Toute hiérarchisation et tri selon des catégories de vocabulaire sont à rejeter. Etant donné la restriction de l'exemple, une telle organisation aurait mené à avoir une catégorie *pourcentage* et une autre *fourre-tout* incluant tout ce qui n'appartient pas à la première citée.

En ce qui concerne l'utilisation du champ d'édition, seuls les mots présents dans la liste de sélection, et donc dans le système, pourront être acceptés. Son intérêt, outre de fournir un

autre type d'input, est de permettre à l'utilisateur de demander plus rapidement la traduction d'un mot particulier dans une liste (devenue) longue.

Finalement, il doit être possible à l'utilisateur de revoir une traduction gestuelle autant de fois qu'il le désire.

3.3. Spécification de la fonctionnalité *Sign Recognition*

Le but de la fonctionnalité *Sign Recognition* est, pour l'utilisateur, de donner la transcription de signes présentés à l'écran. Cela permet d'entraîner et de vérifier la mémorisation des différents signes par l'enfant.

Pour ce faire, les signes doivent être présentés de façon aléatoire à l'utilisateur afin qu'il en propose une transcription. La solution doit être accessible à l'utilisateur après un certain nombre d'essais infructueux afin de ne pas le bloquer dans sa progression.

La possibilité de revoir le signe est prévue, tant lors du processus de reconnaissance qu'une fois la solution trouvée ou présentée. Lors de toute présentation d'une traduction gestuelle, l'éventuelle transcription, proposée par l'utilisateur ou fournie par le système, doit lui rester associée.

3.4. Spécification de la fonctionnalité *Problem Recognition*

La fonctionnalité *Problem Recognition* a pour but général de faire identifier à l'utilisateur, parmi plusieurs mots proposés, tous ceux qui figurent dans l'énoncé de problèmes mathématiques dont la traduction gestuelle est présentée à l'écran.

Le problème qui fait l'objet de l'exercice doit être sélectionné au hasard parmi ceux qui sont enregistrés dans le système. Le traitement d'un problème, quel qu'il soit, doit se dérouler en deux phases :

- l'identification même des mots inclus dans l'énoncé ;

- la présentation de l'énoncé avec la possibilité de revoir individuellement la traduction gestuelle des mots qui étaient à découvrir.

Tout comme dans la fonctionnalité *Sign Recognition*, la solution doit être disponible après un certain nombre d'essais infructueux et il doit être possible de revoir l'énoncé du problème en cours de traitement à tout moment et autant de fois que souhaité.

Une fois l'identification réalisée ou la solution présentée, la transcription de l'énoncé du problème doit être affichée à l'écran et il doit être possible à l'utilisateur de revoir le problème signé afin de faire la correspondance entre les versions signées et écrites. L'utilisateur doit également pouvoir revoir individuellement la traduction gestuelle des mots, proposés dans la première phase de l'exercice et inclus dans l'énoncé.

Chapitre 4 : Présentation de l'application réalisée

Dans ce chapitre, nous présentons l'application que nous avons réalisée en réponse aux spécifications qui ont été énoncées dans le chapitre précédent. Nous signalons une fois pour toutes que nous avons exclusivement utilisé des Macintosh dans les divers développements utiles à la réalisation de l'application.

Pour ce faire, nous commençons par le problème de la réalisation des films utilisés dans l'application pour fournir la traduction gestuelle des mots, expressions et problèmes (section 4.1.).

Ensuite, nous présentons, de façon générale, les principes que nous avons suivis dans la réalisation de l'interface de l'application et, par la même occasion, les différentes versions que nous en avons réalisées (section 4.2.).

Finalement, nous détaillons la façon dont nous avons implémenté les différentes fonctionnalités dans les versions ainsi évoquées (section 4.3.).

4.1. Réalisation des films pour l'application

La réalisation des films à utiliser dans l'application a, en réalité, été faite en deux étapes.

Nous avons procédé à une première réalisation de film pour un nombre limité de signes et expressions. Pour ce faire, nous avons filmé, avec une caméra vidéo standard, le professeur en train de signer les mots et expressions debout devant un écran blanc. Le professeur a fait lui-même les traductions gestuelles afin de maintenir les enfants, qui auront à utiliser l'application, dans une situation d'apprentissage la plus familière possible. Nous avons alors utilisé le logiciel Adobe Premiere 3.0 pour transformer les images vidéo en films digitaux (processus de digitalisation) intégrables dans l'application. Cette première expérience ne s'est pas révélée satisfaisante : le champ était trop large et le contraste de l'image était insuffisant pour pouvoir distinguer correctement le visage du professeur. Ce résultat initial nous a néanmoins permis de commencer le développement des premières fonctionnalités en attendant la liste définitive des termes et les problèmes.

Nous avons donc procédé à une deuxième et dernière séance d'enregistrement, après que le professeur a fixé l'ensemble des mots et problèmes à inclure dans le système. Pour ce faire, nous avons modifié quelque peu les conditions afin de ne plus voir se reproduire les défauts du premier enregistrement : nous avons fait asseoir le professeur derrière une table afin de mieux pouvoir resserrer le cadrage sur ses mains et son visage. Cela lui a, par ailleurs, permis de se sentir plus à l'aise qu'en restant debout et d'adopter une position plus naturelle en début et fin de chaque signe. Pour améliorer la qualité de l'image en général, nous avons augmenté l'éclairage et surtout changé la couleur de fond. En utilisant du bleu à la place du blanc, nous avons obtenu un contraste nettement meilleur : tout se passait comme si l'écran blanc absorbait la luminosité fournie par l'éclairage. Finalement, nous avons utilisé une machine plus puissante pour la digitalisation. Ces adaptations nous ont permis d'obtenir le résultat actuel tout à fait satisfaisant du point de vue de la qualité de l'image.

4.2. Principes de base de l'interface et des différentes versions réalisées

Pour la réalisation des différentes versions de l'application, nous avons utilisé le logiciel Macromedia Director 4.0. Etant donné que cet outil a déjà fait l'objet d'une présentation fort détaillée dans [DEG95], nous n'en dirons donc pas plus.

4.2.1. Principes de base de l'interface

Les versions réalisées suivent les mêmes principes de base au niveau de l'interface : l'organisation générale de l'écran type de l'application est illustrée schématiquement par la figure 4-1. Nous y distinguons trois zones.

A. Zone de travail

La zone de travail contient les éléments (objets interactifs) propres à la mise en œuvre de chaque fonctionnalité et constitue l'endroit où l'utilisateur va devoir exécuter ses actions. Elle est subdivisée en deux parties :

- une partie *input*, à gauche, contenant les éléments correspondant aux entrées de la fonctionnalité ;

- une partie *output*, à droite, contenant les éléments ayant trait aux résultats de la fonctionnalité.

Nous avons basé cette décision sur la règle suivante : "L'arrangement des objets interactifs concrets qui est le plus significatif pour l'utilisateur est celui qui correspond à la manière dont il exécute les actions pour accomplir la tâche." [VAN94]. Cet arrangement suit bien la logique de traitement de l'utilisateur : il correspond à la séquence des actions de ce dernier, dans laquelle l'interaction avec les éléments d'entrée de la fonctionnalité précède nécessairement celle avec les éléments de sortie.

B. Zone d'identification de la fonctionnalité

La zone d'identification est la première composante de la partie inférieure de l'écran qui a pour but de fournir des informations de guidage à l'utilisateur. La partie inférieure est séparée de la zone de travail par une ligne afin de bien permettre la distinction de leur statut totalement différent. La zone d'identification fournit le nom de la fonctionnalité en cours d'exécution (*Learning Signs*, *Sign Recognition* ou *Problem Recognition*) ainsi qu'un bref rappel de son objectif.

C. Zone de commentaires d'utilisation

La zone de commentaires d'utilisation est la deuxième et dernière composante de la partie ayant pour but de donner des informations de guidage à l'utilisateur. Elle a pour rôle de le renseigner sur les actions qu'il lui est possible de poser à un moment donné, ceci afin de rendre la progression dans l'application la plus aisée possible. En réalité, pour ne pas être trop longs, les commentaires d'utilisation ne fournissent pas une information sur toutes les actions possibles mais bien sur les principales ou les nouvelles, en fonction du cheminement suivi par l'utilisateur.

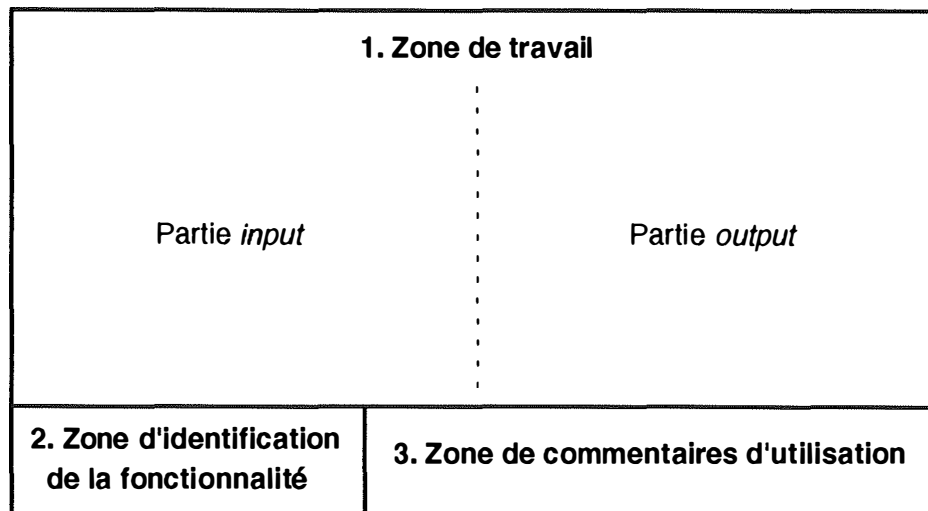


Figure 4-1. Organisation générale de l'écran type de l'application

4.2.2. Caractérisation des différentes versions

Venant de présenter l'organisation générale d'un écran, il nous reste à caractériser les différentes versions de l'application que nous avons implémentées. Ces versions peuvent être différenciées à deux niveaux. Le premier est purement de l'ordre du mode d'interface globale et est traité dans cette sous-section alors que le second est propre à la fonctionnalité *Problem Recognition* et est donc traité dans la sous-section 4.4.3. consacrée à cette dernière. Nous nous contentons de préciser ici que, pour ne pas multiplier inutilement les fichiers, nous n'avons réalisé que deux versions de l'application et non quatre (il existe deux possibilités par niveau de distinction).

Comme annoncé au paragraphe précédent, nous avons opté pour deux modes d'interface globale différents : une barre de menu, d'une part, et des boutons permanents d'autre part. La figure 4-2 illustre ces deux possibilités sur base de l'écran initial de l'application dans chacune des versions. Nous avons utilisé l'expression *mode d'interface globale* étant donné qu'il concerne l'activation d'une fonctionnalité ou la sortie de l'application.

A. Barre de menu

La barre de menu comporte deux menus déroulants nommés respectivement *Exercise* et *Special*.

Nous avons introduit le dernier de façon à nous conformer à l'environnement traditionnel des Macs. Les items de ce menu déroulant sont *About...* et *Quit* servant respectivement à afficher l'écran de présentation de l'application (l'écran initial) et à quitter celle-ci. Le menu déroulant *Exercise* est, quant à lui, directement lié à l'application et comprend les items *Learning Signs*, *Sign Recognition* et *Problem Recognition* permettant l'activation des fonctionnalités correspondantes (la fonctionnalité active étant mise en évidence par le signe '✓' en regard de l'item qui lui correspond). Etant donné que, pour un menu, "l'ordonnancement des items doit suivre une structure logique" [VAN94], nous avons fait figurer les trois noms de fonctionnalité dans l'ordre suivi pour leur présentation, en référence à l'ordre logique de leur utilisation. Il est, en effet, plus raisonnable de débiter par l'apprentissage des signes (*Learning Signs*) avant de passer aux exercices de reconnaissance, en commençant par le plus simple (*Sign Recognition*) pour finir par le plus élaboré (*Problem Recognition*).

Du point de vue de l'utilisation, la sélection d'un item de menu peut se faire tout aussi bien au moyen de la souris que par le raccourci clavier (accélérateur) mentionné en regard de l'item en question. Le principe de sélection d'un item de menu par raccourci clavier est la combinaison de la touche *option* (option key) et de l'initiale de son intitulé (par exemple, ⌘+L pour la fonctionnalité *Learning Signs*).

B. Boutons permanents

Les boutons permanents ont été placés dans le bas de l'écran en juxtaposition avec les zones d'identification de la fonctionnalité et de commentaires d'utilisation. Les trois boutons correspondant aux fonctionnalités se trouvent sur la gauche et le bouton *Quit*, permettant de quitter l'application, est situé dans le coin inférieur droit conformément à la pratique usuelle. Les boutons permettant l'activation des fonctionnalités sont disposés verticalement dans le même ordre que les items du menu déroulant *Exercise* pour la raison qui a été mentionnée pour ces derniers au point A. De plus, ils sont représentés de façon telle qu'ils changent de couleur lorsqu'ils sont sélectionnés et donc au moment où la fonctionnalité correspondante est en cours d'exécution. Ce système permet de compléter le guidage quant à l'identification de la fonctionnalité active. C'est une raison supplémentaire pour laquelle ces boutons sont placés à côté de la zone prévue à cet effet.

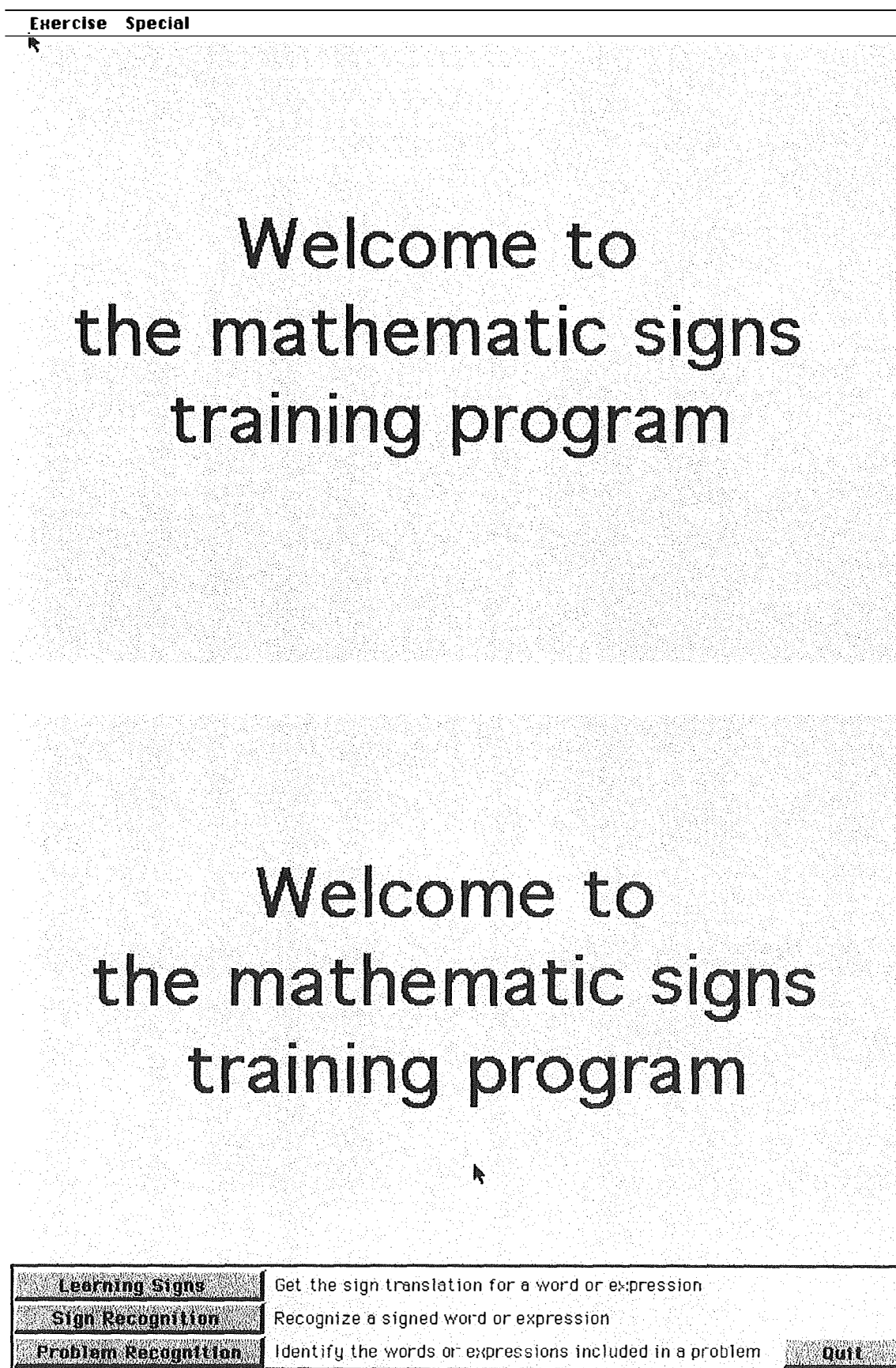


Figure 4-2. Modes d'interface globale des deux versions de l'application

4.3. Présentation des fonctionnalités réalisées

4.3.1. Remarques préliminaires

Comme nous l'avons déjà mentionné, c'est avec le logiciel Macromedia Director 4.0 que nous avons réalisé l'application. Etant donné qu'il s'agissait de notre première expérience de développement en plus de la découverte de cet outil, nous avons préféré nous consacrer essentiellement à l'aspect fonctionnel de l'application lors du développement afin d'assurer un résultat.

Nous avons suivi cette optique d'autant plus qu'il s'agissait également d'une découverte du milieu du multimédia et de ses possibilités pour les responsables de l'école pour lesquels nous devons travailler. Ceci a eu pour conséquence un manque de détermination de leur part et l'impossibilité d'aboutir à un cahier des charges bien établi et, dès lors, la nécessité de procéder par améliorations successives dans le cadre d'un délai déjà fort restreint.

Dans les sections qui vont suivre, nous présentons particulièrement ce que les diverses fonctionnalités ont de particulier et nous ne revenons plus sur les zones fournissant des informations de guidage dont il a été question dans la section précédente. Par conséquent, nous faisons dorénavant essentiellement référence au contenu de ce que nous avons appelé la zone de travail. Nous ne nous occupons plus du mode d'interface globale utilisé, qui est secondaire à ce niveau.

La présentation de chaque fonctionnalité suit une même structure. Après un rappel de son objectif, nous présentons, de manière schématique et générique, les principes de son interface. Ensuite, nous passons à une analyse détaillée et exhaustive de son interface suivant les différentes possibilités pouvant être rencontrées lors de l'exécution. Finalement, nous proposons, en guise de résumé, un schéma comportemental illustrant son mode de fonctionnement type.

4.3.2. Présentation de la fonctionnalité *Learning Signs*

Comme nous l'avons déjà vu, l'objectif de la fonctionnalité *Learning Signs* est de permettre à l'utilisateur d'obtenir la traduction gestuelle de mots et expressions présents dans le système.

A. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité *Learning Signs*

La figure 4-3 illustre l'organisation générale de l'interface de la fonctionnalité *Learning Signs*.

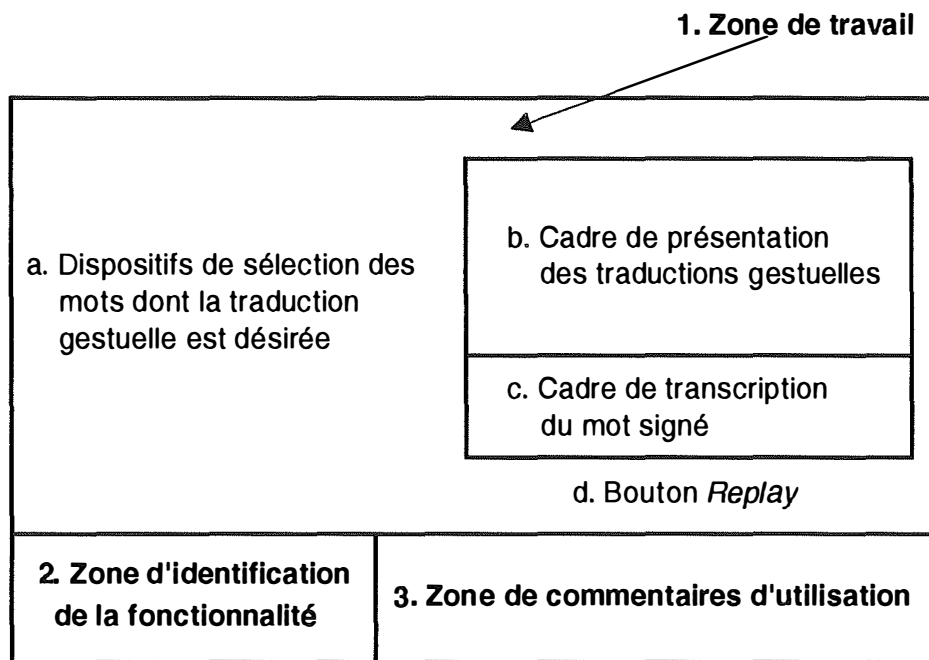


Figure 4-3. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité *Learning Signs*

En concordance avec la convention établie pour l'occupation de la zone de travail selon la partition input/output, les dispositifs de sélection des mots (a.) sont placés sur la gauche de celle-ci et le cadre de présentation des traductions gestuelles (b.) est situé sur sa partie droite. Cette répartition est justifiée par le lien de cause à effet unissant ces différents éléments (une sélection au moyen d'un des dispositifs engendrant la présentation dans le cadre).

Un cadre de transcription pour le mot signé (c.), contenant un champ d'édition, a été placé juste en-dessous du cadre de traductions gestuelles afin de se conformer au besoin d'une correspondance claire et non équivoque entre le signe et sa transcription (exposée dans la sous-section 3.1.2.). En effet, cette solution convient mieux que celle qui aurait consisté à simplement contraster le mot dans la liste de sélection ou le laisser affiché dans le petit champ d'édition en input, par le fait que cet autre champ d'édition est plus proche du signe et plus grand ("Le dimensionnement d'un champ d'édition doit être le résultat d'une double considération : l'attrait de l'apparence visuelle, la disponibilité de l'espace d'affichage" [VAN94]). De plus, ce système permet de mieux se conformer à la distinction input/output

similaire à celle existant entre les moyens de sélection et le cadre de présentation des traductions gestuelles.

Nous avons placé le bouton *Replay* (d.) en-dessous des cadres afin de matérialiser la relation sémantique prévalant entre ces éléments par le rapprochement de leur situation ("Les objets interactifs concrets associés à des données logiquement liées doivent être regroupés" [VAN94]).

B. Présentation détaillée et exhaustive de l'interface de la fonctionnalité *Learning Signs*

La figure 4-4 illustre un écran associé à la fonctionnalité *Learning Signs* qui va nous servir de base pour la présentation détaillée de son interface.

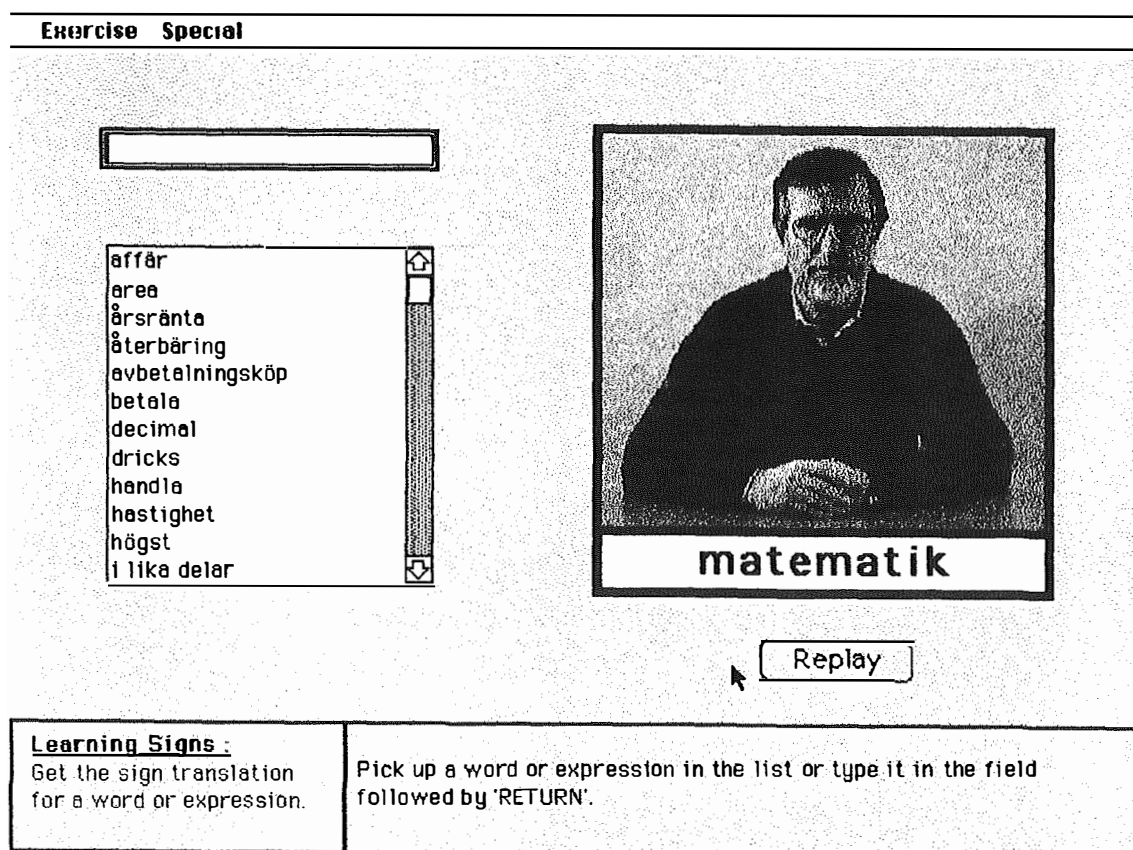
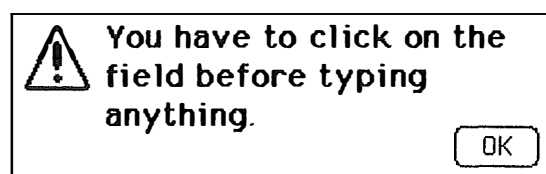


Figure 4-4. Ecran associé à la fonctionnalité *Learning Signs*

En ce qui concerne les dispositifs de sélection de mots, nous avons utilisé, comme requis dans la spécification, un champ d'édition uni-linéaire et une liste de sélection. Conformément à la pratique usuelle, nous avons placé le champ d'édition au-dessus de la liste

de sélection à laquelle il est sémantiquement lié vu que seuls les mots compris dans la liste de sélection pourront y être acceptés. Nous avons implémenté l'application de telle façon que seul un moyen de sélection soit actif à la fois. Celui des deux qui est actif est entouré d'un cadre noir afin de signifier clairement son état à l'utilisateur (dans la figure 4.4, il s'agit du champ d'édition). Pour utiliser le moyen non actif à un moment donné, il suffit de cliquer une fois dessus avec la souris et le changement d'état des deux éléments est signifié par le changement de l'encadrement qui se fait de telle façon qu'un seul dispositif utilisable soit toujours encadré. Dans l'hypothèse où l'utilisateur tente d'introduire un mot au moyen du clavier alors que le champ d'édition n'est pas actif, le message d'attention suivant (*caution message* dans la terminologie Mac [APP93]) lui signale ce fait : *You have to click on the field before typing anything* (figure 4-5).



**Figure 4-5. Message d'attention en cas d'introduction d'un mot
alors que le champ d'édition n'est pas actif**

Malgré la règle ergonomique "un libellé identificatif doit être prévu pour tout objet interactif concret associé à une donnée à saisir" [VAN94], nous n'en avons pas utilisé ni pour le champ d'édition ni pour la liste de sélection. Nous avons pris cette décision en raison de la simplicité de la disposition de l'écran qui constitue, en soi, une exception au principe énoncé.

En ce qui concerne le bouton *Replay*, deux possibilités s'offraient à nous dans cette situation : le laisser tout le temps visible à l'écran, qu'il soit actif ou pas, ou ne l'afficher que lorsqu'il peut être utilisé. Nous avons choisi la deuxième : il est visible, dès la première vision du signe correspondant à un mot sélectionné dans la liste de sélection ou transmis par l'intermédiaire du champ d'édition. Ceci a pour objectif de ne pas distraire l'enfant avec des choses inutiles d'autant plus que les changements engendrés par son apparition et sa disparition ne sont pas dérangeants. De plus, cette solution correspond à la règle suivante : "Seuls les objets interactifs concrets nécessaires doivent être affichés" [VAN94].

Du point de vue de l'utilisation, la liste de sélection, une fois active, réagit de façon tout à fait standard, que ce soit dans l'utilisation de la barre de défilement ou le contraste (*hilite*) du mot pointé par la souris lorsque le bouton est maintenu enfoncé.

Le mot introduit dans le champ d'édition doit bien sûr figurer dans la liste des mots contenus dans le système pour pouvoir activer une traduction gestuelle. Si ce n'est pas le cas, un message d'arrêt significatif (*stop message* dans la terminologie Mac) est présenté à l'utilisateur : *This word is not in the list* (figure 4-6). Ce dernier ne pourra continuer ses actions qu'en l'acquittant explicitement en cliquant sur le bouton *OK*.

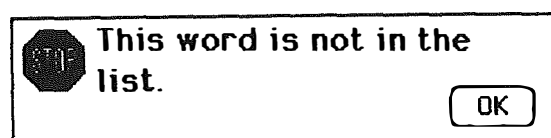


Figure 4-6. Message d'arrêt en cas d'introduction d'un mot non contenu dans le système

La sélection d'un mot provoque son apparition dans le champ non éditable situé dans le cadre de transcription du mot signé et la disparition du contraste dans la liste de sélection ou l'effacement du champ d'édition d'input, suivant le mode utilisé. Ce champ, initialement vide, conservera la transcription jusqu'au moment où l'utilisateur agira à nouveau sur les moyens d'input. Il ne contient donc une valeur significative que lorsque la traduction gestuelle d'un mot est directement disponible. La présence du mot dans le champ d'édition correspond, par ailleurs, à la visibilité du bouton *Replay*.

C. Schéma comportemental de la fonctionnalité *Learning Signs*

En guise de résumé, la figure 4-7 propose le schéma comportemental de la fonctionnalité *Learning Signs*. Etant donné que nous venons d'étudier l'interface de la fonctionnalité de manière approfondie, ce schéma privilégie son aspect fonctionnel. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi de nous inspirer du modèle de la dynamique des traitements pour le réaliser ("Ce modèle est principalement destiné à représenter, et donc à spécifier, les conditions d'exécution et d'enchaînement des traitements en vue de caractériser le comportement d'un système d'information" [BOD93]).

Avant de passer à la description du schéma, nous précisons les différentes conventions que nous avons adoptées, tant pour celui-ci que pour les schémas relatifs aux fonctionnalités *Sign Recognition* et *Problem Recognition* :

1. les changements précis de l'interface, tels que les apparitions et disparitions de boutons, ne figurent pas explicitement dans les schémas et sont considérés comme englobés dans la présentation générique qu'il fournit ;
2. par souci de clarté et pour ne pas encombrer les schémas, nous n'avons pas représenté la possibilité qu'a l'utilisateur de lancer l'exécution d'une fonctionnalité ou de sortir de l'application à tout moment ;
3. les conséquences d'événements générés par un message ou par la terminaison d'un processus sont exclusives (du point de vue schématique, une seule des flèches en sortie peut être suivie à la fois) ;
4. les événements contribuant à un point de synchronisation sont à envisager comme intervenant dans une conjonction : il faut qu'ils se soient tous produits pour que la synchronisation puisse se réaliser. Nous ne considérons pas que toute synchronisation doit se réaliser à un moment donné. Le fait qu'un des événements qui contribuent aux points de synchronisation soit généré par un message provenant de l'utilisateur leur permet simplement d'illustrer les différentes possibilités.

La fonctionnalité *Learning Signs* débute, à l'initiative de l'utilisateur, par la sélection d'un mot dans la liste de sélection ou par son introduction dans le champ d'édition. Dans le deuxième cas, le système contrôle la validité du mot introduit : il vérifie si ce mot fait bien partie de la liste de mots pour lesquels il dispose de la traduction gestuelle. Cette vérification est inutile lors de l'utilisation de la liste de sélection en fonction de sa constitution, dont il a été question précédemment. Si le mot introduit n'est pas valide, le système le signale à l'utilisateur au moyen d'un message d'arrêt. Après avoir acquitté le message, l'utilisateur ne peut que recommencer en utilisant le moyen d'input de son choix. Si le mot est valide, le système présente sa traduction gestuelle et sa transcription (ce qu'il fait directement en cas d'utilisation de la liste de sélection). A ce moment, trois possibilités se présentent, en dehors du lancement d'une fonctionnalité et sortie de l'application :

1. une nouvelle vision de la traduction gestuelle du mot ;

2. la sélection d'un mot au moyen de la liste de sélection ;
3. l'introduction d'un mot dans le champ d'édition.

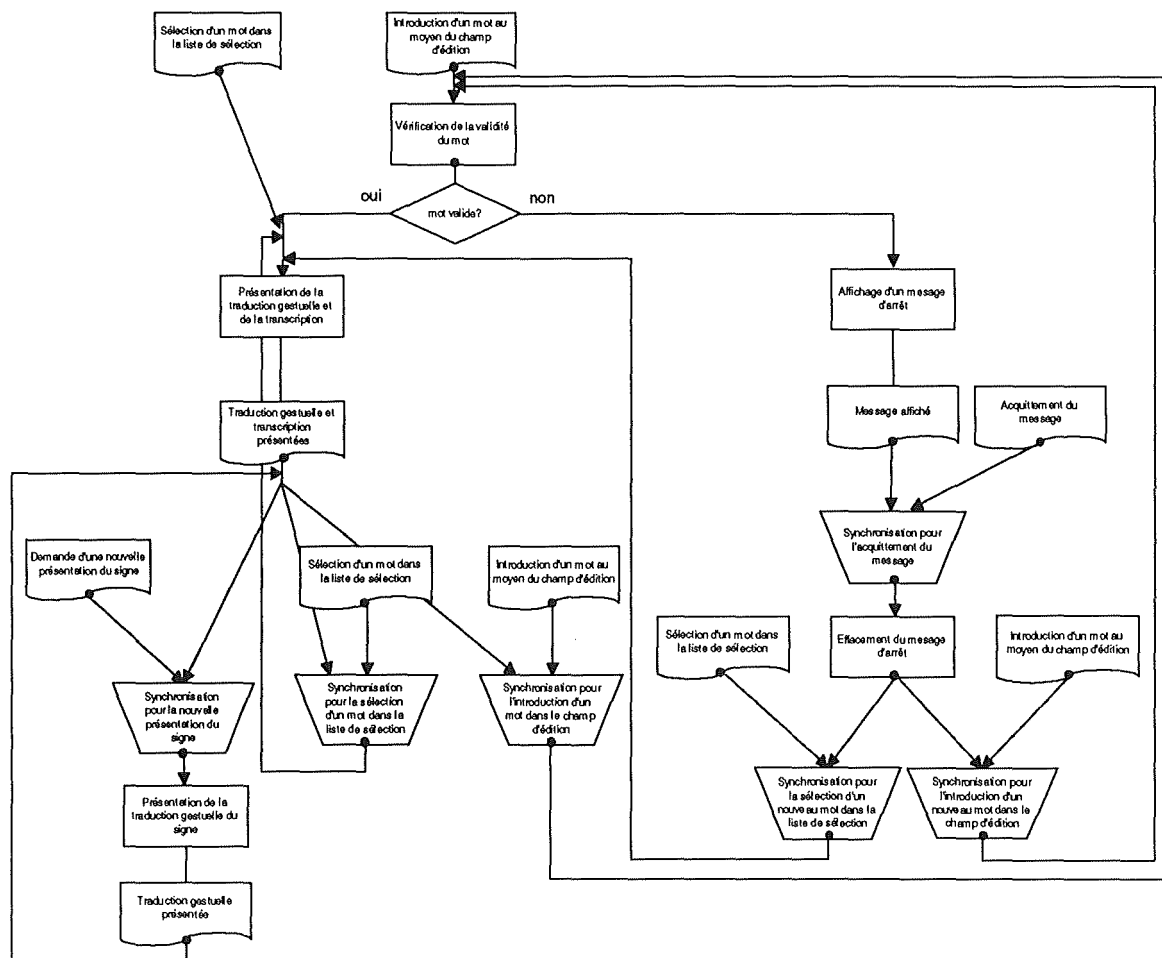


Figure 4-7. Schéma comportemental de la fonctionnalité *Learning Signs*

4.3.3. Présentation de la fonctionnalité *Sign Recognition*

Pour rappel, le but de la fonctionnalité *Sign Recognition* est de tester la reconnaissance des signes par l'utilisateur en lui demandant d'introduire la transcription de ceux présentés à l'écran.

A. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité *Sign Recognition*

La figure 4-8 présente schématiquement l'organisation générale de l'interface de la fonctionnalité *Sign Recognition*.

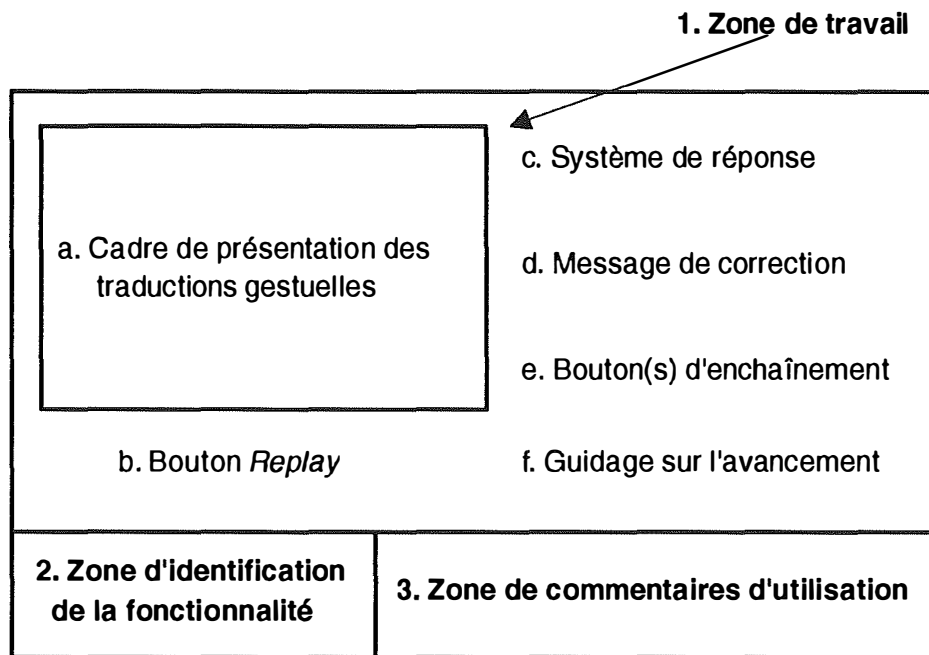


Figure 4-8. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité *Sign Recognition*

Dans la fonctionnalité *Sign Recognition*, contrairement à la situation qui prévalait dans la fonctionnalité *Learning Signs*, c'est le cadre de présentation des traductions gestuelles (a.) qui figure naturellement dans la partie input de la zone de travail, puisqu'il s'agit d'un exercice de reconnaissance de signes. Pour les mêmes raisons que celles évoquées lors de la présentation de la fonctionnalité *Learning Signs* dans la section précédente, le bouton *Replay* (b.) est placé directement en-dessous de ce cadre.

La partie output comprend, quant à elle, quatre types d'éléments :

- le système par lequel l'utilisateur soumet sa réponse (c.) ;
- le message de correction fourni par le système (d.) ;
- le ou les boutons permettant l'enchaînement dans l'exécution de la fonctionnalité (e.) ;
- l'information de guidage sur l'avancement de l'utilisateur au sein de la fonctionnalité (f.).

Nous avons placé le message de correction juste en-dessous du système de réponse vu qu'il lui est directement lié sémantiquement. Le guidage sur l'avancement étant plus séparé du reste puisqu'il ne s'agit pas d'un moyen d'interaction pour l'utilisateur au même titre que les autres éléments.

B. Présentation détaillée et exhaustive de l'interface de la fonctionnalité *Sign Recognition*

L'écran de base, proposé à l'utilisateur lors de l'initialisation de la fonctionnalité *Sign Recognition*, est présenté par la figure 4-9.

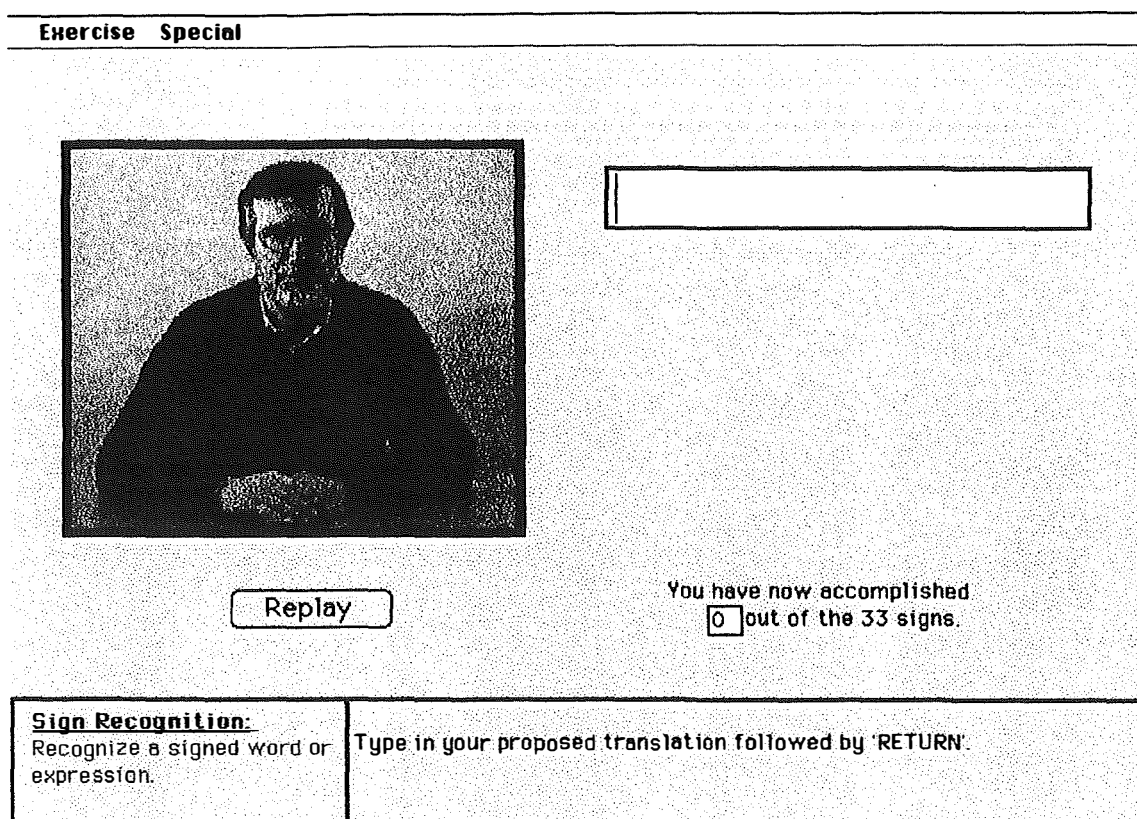


Figure 4-9. Ecran de base de la fonctionnalité *Sign Recognition*

Cette illustration permet d'identifier les éléments de base de la zone de travail présents à l'écran dans la majeure partie de l'exécution de la fonctionnalité. Il s'agit du cadre de présentation des traductions gestuelles, du bouton *Replay* et des systèmes de réponse et de guidage sur l'avancement.

En ce qui concerne le bouton *Replay*, sa présence continue à l'écran est due au fait qu'un film de traduction gestuelle reste toujours en traitement (à l'exception de l'écran final dans lequel il n'y a plus de traduction gestuelle disponible) puisqu'il s'agit de l'input de la fonctionnalité. Il est donc bien possible, conformément aux spécifications, de revoir la traduction gestuelle à tout moment et autant de fois que désiré.

Dans la partie output de la zone de travail, le guidage *You have now accomplished 0 out of the 33 signs* permet de signifier à l'utilisateur son avancement dans la fonctionnalité en signalant le nombre de signes (zéro dans cet exemple) qu'il a déjà reconnus sur les 33 disponibles dans le système.

Le système de réponse est, quant à lui, réalisé par un champ d'édition dans lequel l'utilisateur doit introduire la transcription qu'il propose (suivie de *RETURN* pour la valider). Nous avons utilisé un champ non éditable pour présenter la réponse faisant l'objet de la correction. Cela a pour but d'empêcher toute modification, par ailleurs inutile, à ce moment. Ce champ a les mêmes dimensions et est placé exactement au même endroit que le champ d'édition, afin d'assurer une homogénéité de présentation. Nous avons néanmoins adopté des moyens graphiques pour permettre une distinction aisée entre ces deux champs aux statuts entièrement différents. Outre la différence naturelle entre la présence du curseur dans le champ d'édition et son absence dans le champ non éditable, nous avons aligné le texte à gauche dans le premier, alors que nous l'avons centré dans le second. Par ailleurs, nous n'avons pas associé de libellé identificatif au champ (d'édition ou non éditable) pour la raison de simplicité de la fonctionnalité qui a été évoquée dans la fonctionnalité *Learning Signs*.

Les messages de correction et le(s) bouton(s) d'enchaînement présentés varient en fonction des réponses que l'utilisateur soumet au système. Nous allons donc envisager successivement les différentes possibilités lors d'une mauvaise ou d'une bonne réponse :

1. l'utilisateur fournit une mauvaise réponse ;

Conformément aux spécifications mentionnées dans la section 3.4., nous avons choisi de fournir à l'utilisateur qui a donné une mauvaise réponse (un mot ou une orthographe erronés), la possibilité d'accéder à la solution après trois tentatives infructueuses. Nous avons opté pour ce nombre, afin de pousser l'utilisateur à faire un minimum d'essais, avant de demander la solution en cas de réel blocage. Par ailleurs, ce nombre de 3 essais ne nous a pas semblé excessif, ne provoquant pas une attente lassante, en cas de réelle ignorance lors du processus d'apprentissage. Ce principe rend possible la présentation de deux écrans différents en cas de mauvaise réponse de la part de l'utilisateur. La figure 4-10 illustre celui qui est fourni à l'utilisateur après trois mauvaises réponses ou plus.

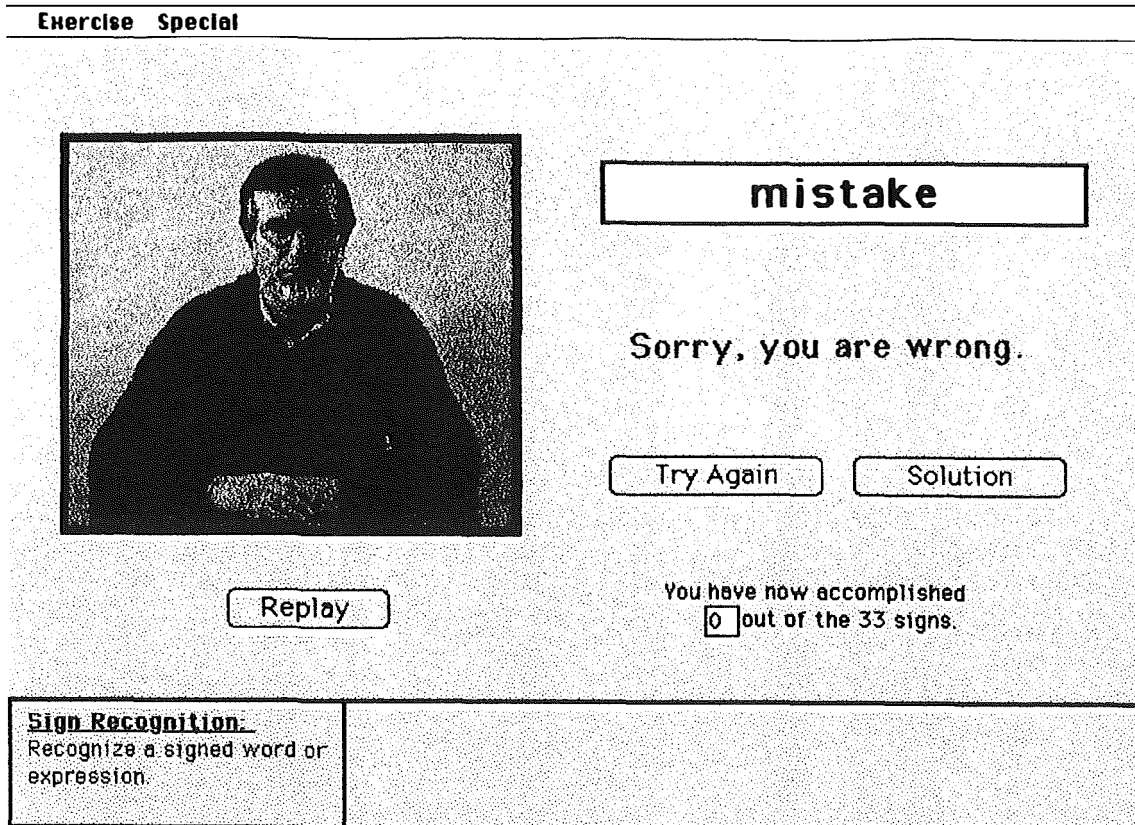


Figure 4-10. Ecran après trois mauvaises réponses ou plus dans la fonctionnalité *Sign Recognition*

Chacun de deux écrans comporte le message de correction *Sorry, you are wrong* signifiant l'erreur à l'utilisateur. Ce message est écrit en rouge pour faire allusion à la connotation traditionnelle d'une erreur mentionnée par un professeur associée à cette couleur. Le choix de cette couleur constitue, par conséquent, une métaphore qui aidera l'utilisateur à mieux percevoir les mécanismes de l'application.

C'est au niveau des boutons permettant l'enchaînement dans les actions, que se marque essentiellement la différence entre les deux écrans possibles. Si les deux présentent le bouton *Try Again* permettant à l'utilisateur d'acquiescer la correction de sa réponse pour proposer une autre transcription, seul celui qui est illustré par la figure 4-10 fait apparaître le bouton *Solution* permettant à l'utilisateur de demander la solution. Nous avons opéré ce choix pour, encore une fois, nous conformer à la règle déjà énoncée selon laquelle, seuls les objets interactifs nécessaires doivent être affichés. Par ailleurs, dans l'écran où ne figure pas le bouton *Solution*, nous avons décidé de ne pas centrer le bouton *Try Again*, mais de lui faire occuper la position qui sera la sienne dans l'écran où le bouton *Solution* est présent.

Cela a bien sûr pour but de maintenir la cohérence entre les deux possibilités et, par conséquent, éviter toute perturbation possible de l'utilisateur.

Signalons également qu'aucun commentaire d'utilisation n'est proposé, lorsque le bouton *Solution* est affiché à l'écran. Cela est dû au fait qu'en l'absence de ce dernier, le commentaire ne fait qu'annoncer sa mise à disposition, après trois essais infructueux.

Quel que soit l'écran, l'utilisateur, pour pouvoir donner une nouvelle réponse, est obligé de cliquer préalablement sur le bouton *Try Again* ; rien ne se passe s'il se contente de l'introduire directement. Nous aurions pu, par exemple, permettre d'opérer l'enchaînement lors d'un clic sur le champ, mais nous ne l'avons pas fait, afin d'éviter toute manipulation accidentelle de la souris, à l'égard de cet élément nettement plus grand que le bouton.

Dans le cas où l'utilisateur choisit de demander la solution au système en cliquant sur le bouton *Solution*, différentes modifications sont réalisées sur le champ, le message de correction et le(s) bouton(s) d'enchaînement (figure 4-11).

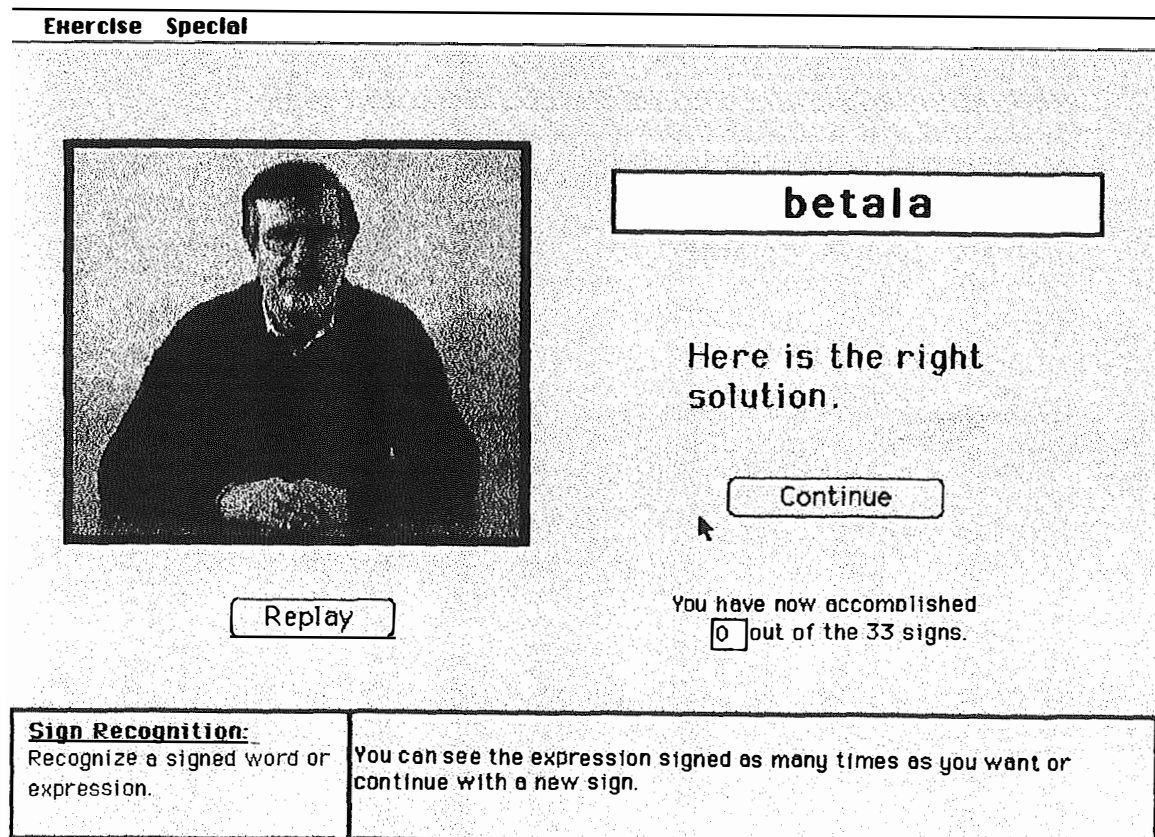


Figure 4-11. Ecran lors de la présentation de la solution par le système dans la fonctionnalité *Sign Recognition*

La bonne transcription est alors affichée dans le champ non éditable par le système accompagnée du message *Here is the right solution*. Il convient de remarquer que le message est écrit en vert, même s'il ne s'agit pas d'une bonne réponse de l'utilisateur, pour se distinguer de la connotation négative d'un message d'erreur écrit en rouge.

Le bouton *Continue* permet à l'utilisateur de passer à la reconnaissance d'un autre signe lorsqu'il est prêt (après avoir revu la traduction gestuelle pour mieux incorporer la correspondance avec la transcription adéquate, par exemple). Il va de soi que le compteur des signes reconnus du message de guidage sur l'avancement de l'utilisateur, n'évolue pas dans ce cas puisque c'est le système qui a donné la solution à l'utilisateur.

2. L'utilisateur fournit une bonne réponse.

Lorsque l'utilisateur fournit une bonne réponse, la présentation de l'écran est semblable à celle utilisée lors de la présentation de la solution, à l'exception du message de correction (*Congratulations, you are right*), confirmant à l'utilisateur qu'il a fourni la bonne réponse. Ce message à connotation positive est écrit en vert, afin de bien se distinguer du message d'erreur, en correspondance avec les notations usuelles, de manière à ne pas fausser les habitudes de l'utilisateur, et donc son modèle mental. Le modèle mental, selon Donald Norman, est "le modèle que les personnes ont d'elles-mêmes, des autres, de l'environnement et des choses avec lesquelles elles interagissent. Elles forment leurs modèles mentaux dans leurs expériences, entraînements et instruction". Le rôle fonctionnel des modèles mentaux est de fournir une capacité prédictive et explicative pour la compréhension de ces phénomènes (traduit de [PRE94]).

C'est également le bouton *Continue*, cohérence au sein de la fonctionnalité oblige, qui permet de poursuivre l'exercice en passant au signe suivant. A ce sujet, nous avons effectué un choix au niveau de l'implémentation : un signe ne sera considéré reconnu correctement (et donc connu), que s'il l'est du premier coup et le compteur des signes dans le message de guidage sur l'avancement ne progressera d'une unité qu'à cette condition. Cela a pour conséquence, étant dans un exercice qui a pour but de favoriser l'apprentissage, qu'un signe qui a été reconnu après une ou plusieurs erreurs sera présenté une nouvelle fois dans la même exécution de la fonctionnalité. Par contre, un signe reconnu directement, sera considéré comme bien connu de l'utilisateur et ne sera plus représenté dans l'exécution courante de la fonctionnalité (le compteur peut donc bien progresser d'une unité dans ce cas).

Si, comptabilisant une bonne réponse après l'activation du bouton *Continue*, le compteur arrive au nombre maximum (à savoir 33), cela signifie que l'utilisateur a reconnu correctement l'ensemble des signes présents dans le système. Un dernier écran, comportant le message *Congratulations, you have recognized all the signs*, lui est alors présenté, afin de lui signifier qu'il a bel et bien terminé l'exercice avec succès (figure 4-12). De nouveau, ce message est écrit en vert en rapport avec sa connotation positive suite à la réussite de l'utilisateur dans l'exercice. Dans cet écran ne figurent plus ni les boutons *Replay* et d'enchaînement ni le champ d'édition, étant donné que le processus même de reconnaissance est achevé et qu'il n'y a plus de traduction gestuelle en traitement.

Il ne reste plus à l'utilisateur que la possibilité de lancer un des trois exercices ou de quitter l'application.

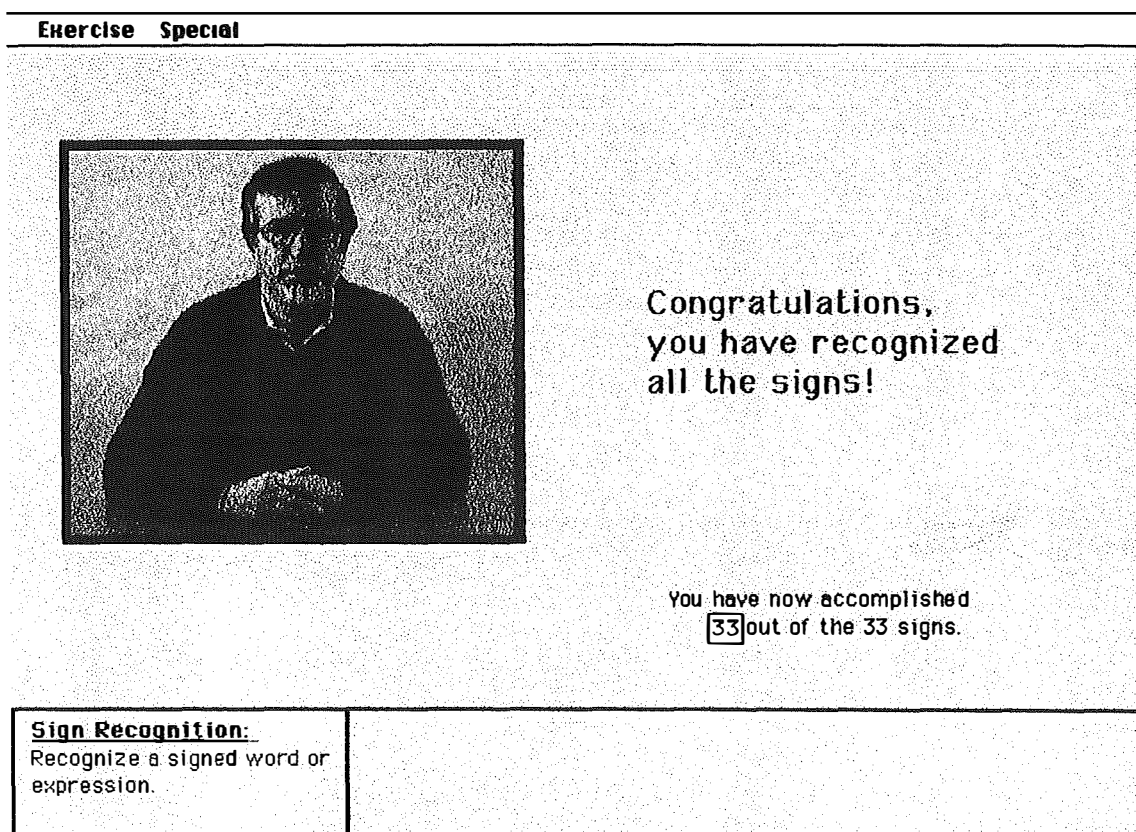


Figure 4-12. Ecran final de la fonctionnalité *Sign Recognition*

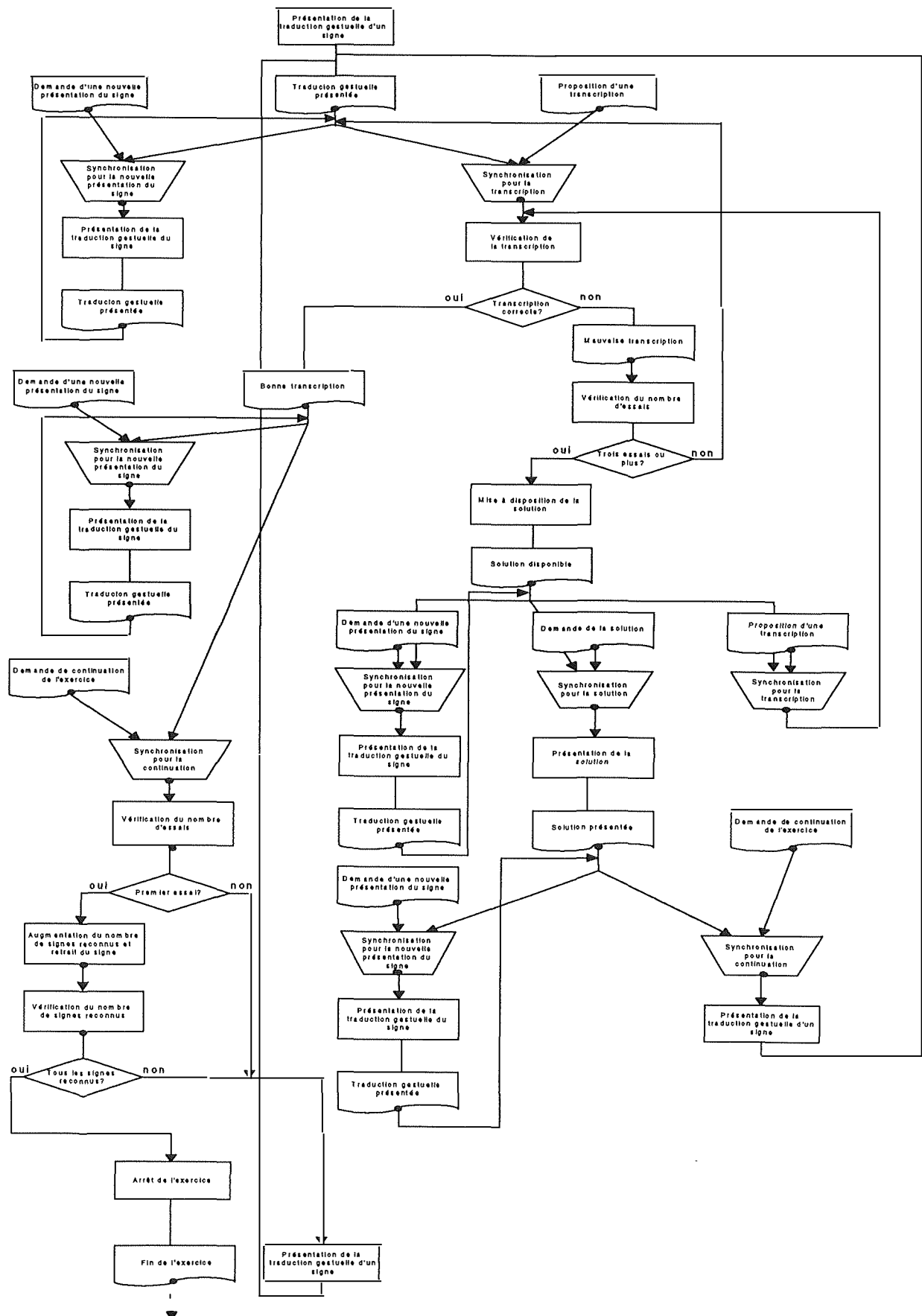
C. Schéma comportemental de la fonctionnalité *Sign Recognition*

La figure 4-13 illustre le schéma comportemental de la fonctionnalité *Sign Recognition*.

L'exécution de la fonctionnalité *Sign Recognition* commence par la présentation de la traduction gestuelle d'un signe. Selon l'intervention de l'utilisateur, le système présentera à nouveau la traduction gestuelle du signe ou vérifiera la transcription proposée par celui-ci.

Dans l'hypothèse où la transcription est incorrecte, le système mettra la solution à la disposition de l'utilisateur s'il a fait trois essais ou plus. Si ce n'est pas le cas, ce dernier n'aura que les deux possibilités déjà citées. Lorsque l'utilisateur demande la solution, elle lui est directement présentée par le système. Il peut alors opter pour une nouvelle vision de la traduction gestuelle du signe ou la continuation de l'exercice, se matérialisant par la présentation de la traduction gestuelle d'un signe.

Dans l'hypothèse où la transcription est correcte, l'utilisateur dispose exactement des mêmes possibilités que lorsque c'est le système qui a fourni la solution. La seule différence se marque lors de la demande de continuation de l'exercice : le système vérifie si l'utilisateur a trouvé la bonne réponse lors de son premier essai. Dans ce cas, il augmente le nombre de signes reconnus et retire le signe de la liste de ceux restant à découvrir. Si tous les signes ont été reconnus, c'est la fin de l'exercice. Dans le cas contraire, il se poursuit avec la présentation de la traduction gestuelle d'un signe.

Figure 4-13. Schéma comportemental de la fonctionnalité *Sign Recognition*

4.3.4. Présentation de la fonctionnalité *Problem Recognition*

Pour rappel, l'objectif général dans la fonctionnalité *Problem Recognition* est d'identifier, parmi des mots dont la transcription est proposée, ceux qui sont inclus dans l'énoncé d'un problème mathématique présenté en langue des signes. Une fois cette reconnaissance effectuée, la transcription de l'énoncé du problème est présentée à l'écran, de façon à ce que l'utilisateur puisse mieux faire la correspondance entre les deux versions, en visionnant à nouveau l'énoncé ou les mots proposés initialement et inclus dans cet énoncé.

A. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité *Problem Recognition*

La figure 4-14 ci-dessous présente schématiquement l'organisation générale de l'interface de la fonctionnalité *Problem Recognition*. Elle suit essentiellement les mêmes principes que celle de la fonctionnalité *Sign Recognition*, puisqu'elle concerne également un exercice de reconnaissance de la langue des signes ("la position des objets d'action doit promouvoir l'apprentissage d'une position logique pour chaque type d'action sur chaque écran" et "la position des objets interactifs concrets doit être cohérente" [VAN94]). Le fait qu'il s'agisse, cette fois, de problèmes mathématiques au lieu de signes individuels, n'aura une influence particulière qu'au niveau de la réalisation même de l'interface qui sera abordée dans la présentation détaillée. La partie input comporte donc le cadre de présentation des traductions gestuelles (a.) et les boutons *Replay* (b.). De son côté, la partie output est composée du système de réponse permettant la sélection de transcriptions de mots parmi les diverses proposées (c.), du message de correction (d.), du (des) bouton(s) d'enchaînement (e.) et de l'information de guidage sur l'avancement de l'utilisateur dans la fonctionnalité (f.). Etant donné que la transcription de l'énoncé du problème (g.), seule différence de principe par rapport à la fonctionnalité *Sign Recognition*, est à fournir après le processus de reconnaissance, nous avons décidé de la faire figurer en-dessous de tous les autres éléments de la zone de travail, sur toute la longueur de l'écran. Nous avons procédé de la sorte, en estimant que la distinction par rapport au processus de reconnaissance était plus importante et significative que la différence input/output, laquelle aurait conduit à ne la faire figurer que sur la partie droite de la zone de travail créant, par ailleurs, un déséquilibre dans l'occupation de l'écran.

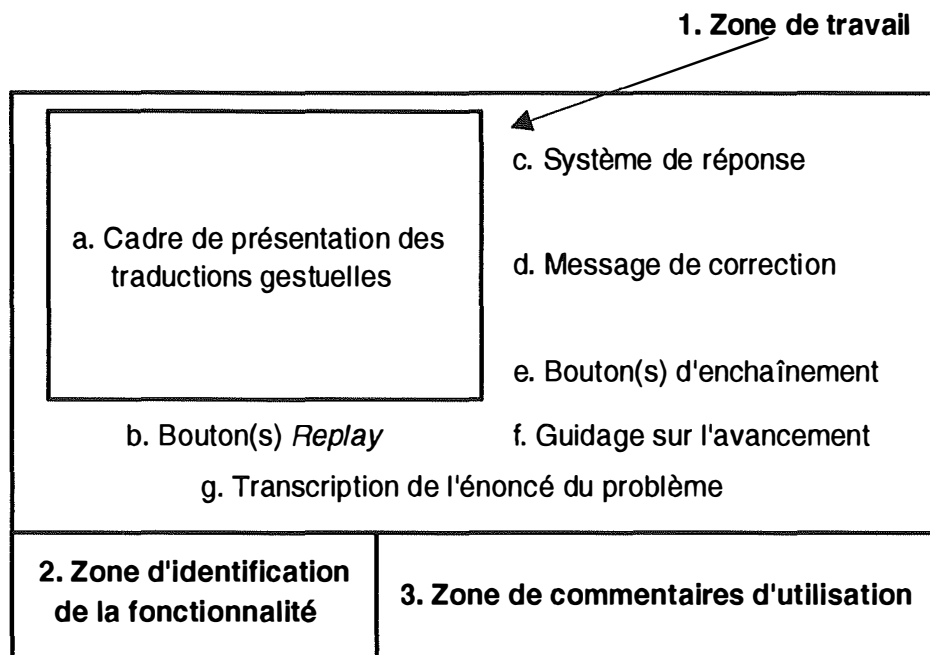


Figure 4-14. Présentation schématique de l'interface de la fonctionnalité *Problem Recognition*



B. Présentation détaillée et exhaustive de l'interface de la fonctionnalité *Problem Recognition*

Comme nous l'avons déjà mentionné dans la section 4.3 lors de la présentation générale des versions réalisées, nous avons conçu deux modes différents de gestion des mots proposés, parmi lesquels l'utilisateur aura à désigner ceux qu'il pense avoir compris dans l'énoncé du problème. Nous avons opté, d'une part, pour un ensemble de boîtes à cocher et, d'autre part, pour la coexistence de deux listes de sélection : elles sont respectivement intitulées *Propositions* et *Solution* et correspondent aux mots proposés et à la solution fournie par l'utilisateur (figure 4-15).

Nous avons utilisé des libellés indentificatifs pour ces listes, contrairement à la situation qui prévaut dans la fonctionnalité *Learning Signs*, afin d'éviter toute confusion de la part de l'utilisateur ("le libellé identicatif d'une liste de sélection doit être positionné au-dessus de la liste et justifié à gauche avec celle-ci" [VAN94]). Par contre, malgré la règle "une invitation à saisir doit être présente pour toute donnée à saisir" [VAN94], nous n'en avons pas joint aux listes, étant donné qu'elles ne sont pas toujours accessibles par l'utilisateur. Pour se conformer à la règle ergonomique citée, il aurait fallu afficher parfois ces invitations à saisir et pas à

d'autres moments. Cela aurait engendré une sorte de clignotement que nous avons considéré comme nuisible et nous avons donc ignoré cette prescription, nous référant à la règle suivante : "L'invitation à saisir d'une liste de sélection peut être généralement omise" [VAN94].

Pour les boîtes à cocher, nous n'avons utilisé ni un libellé ni une invitation à saisir, étant donné que le même ensemble remplit, à la fois, la fonction de propositions et de solution. De plus, il aurait fallu utiliser une boîte de regroupement pour faire porter le libellé sur toutes les boîtes à cocher et cela aurait encombré davantage l'écran.

Exercise Special	
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> affär <input type="checkbox"/> i lika delar <input type="checkbox"/> kostar <input type="checkbox"/> längden <input type="checkbox"/> många <input type="checkbox"/> ordinarie <input type="checkbox"/> per vecka </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> pris <input type="checkbox"/> procent <input type="checkbox"/> rabatt <input type="checkbox"/> räcker <input type="checkbox"/> var och en <input type="checkbox"/> veckopeng <input type="checkbox"/> öka </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px 20px; display: inline-block; margin-top: 5px;">Check</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>You have now accomplished</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <input style="width: 30px; border: 1px solid black; text-align: center;" type="text"/> out of the 10 problems. </div> </div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;">Replay Problem</div>	
<p>Problem Recognition: Identify the signed words or expressions included in a problem.</p>	<p>Select the words by clicking the checkboxes and check your solution.</p>

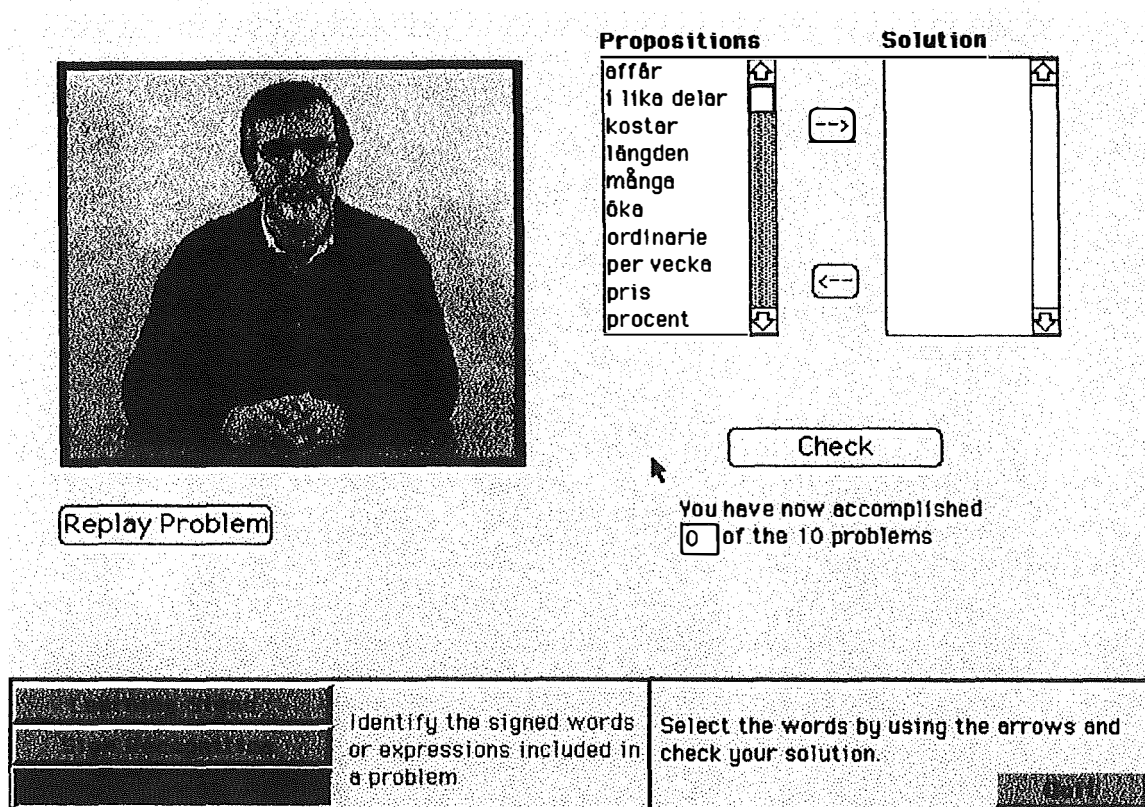


Figure 4-15. Les versions boîtes à cocher et listes de sélection de la fonctionnalité *Problem Recognition*

Nous faisons d'ores et déjà remarquer que le bouton servant à activer la représentation de la traduction gestuelle, est intitulé cette fois *Replay Problem* afin de le distinguer du bouton *Replay Sign*. Ce dernier apparaît dans le cadre de la deuxième partie de l'exercice traitant la transcription de l'énoncé du problème et est relatif à un mot sélectionné dans celui-ci. Par ailleurs, l'information de guidage sur l'avancement de l'utilisateur *You have now accomplished 0 out of the 10 problems* précise le nombre de problèmes qu'il a traités correctement (0 dans cet exemple) sur les 10 présents dans le système.

Avant de passer à la description complète de l'interface correspondant à cette fonctionnalité, nous allons exposer les différentes décisions que nous avons prises quant au modes de gestion de l'apprentissage et le mode de fonctionnement des deux types de système de réponse.

Cette fonctionnalité constitue par excellence le type d'exercice que nous avons proposé, avec le maître de stage, Monsieur Jörn Nilsson, au professeur qui l'a accepté comme étant

intéressant mais pour lequel il n'a donné aucune consigne quant à la gestion, même d'un point de vue pédagogique. Lors de la réalisation, nous avons donc pris des décisions dans les domaines suivants :

1. mode de correction de la réponse fournie par l'utilisateur ;

Le premier point de réflexion a concerné le mode de correction de la réponse de l'utilisateur, à savoir la réponse à la question suivante : faut-il traiter la réponse mot par mot ou de façon globale?

Nous avons opté pour la deuxième possibilité, en considérant qu'une bonne réponse globale constitue un meilleur indice de compréhension. De plus, il serait sûrement plus ennuyeux, pour un utilisateur connaissant la bonne réponse, d'avoir à la livrer mot par mot pour se conformer au mode de correction qui ralentirait ainsi sa progression dans l'utilisation de la fonctionnalité.

2. caractérisation d'une bonne réponse ;

Pour être considérée comme bonne par le système, une réponse doit posséder deux caractéristiques. Premièrement, elle doit comporter, conformément à l'idée de réponse globale développée au point précédent, tous les mots proposés qui sont inclus dans l'énoncé du problème. Deuxièmement, elle ne doit pas inclure de mots parasites, c'est-à-dire des mots qui ne figurent pas dans l'énoncé.

Cela a pour conséquence que le système signale, parmi les mots faisant partie de la réponse, ceux qui sont bien inclus dans le problème et ceux qui ne le sont pas.

3. nombre maximum de mots pouvant être sélectionnés.

Finalement, nous avons introduit le principe selon lequel un nombre maximum de mots peut être sélectionné, parmi les propositions pour la constitution d'une réponse. Cela a pour but d'éviter une perversion de l'exercice, visant à obtenir la solution par élimination, grâce à la sélection de tous les mots proposés, étant donné que le système précise quels sont les bons mots outre le message indiquant que la réponse est fausse.

Dans la pratique, nous avons fixé ce nombre en fonction du nombre des propositions (14, les propositions étant les mêmes quel que soit le problème) et du nombre maximum de mots inclus dans un problème (5). Nous l'avons fixé à 6 pour qu'il soit naturellement supérieur au nombre de mots inclus dans un problème, mais pas trop grand, de manière à

remplir correctement le rôle qui lui est imparti. Dans l'hypothèse où l'utilisateur tente de passer outre à cette règle, un message d'attention, à acquitter explicitement, lui signale cette interdiction : *You can choose 6 words at the most.* (figure 4-16).

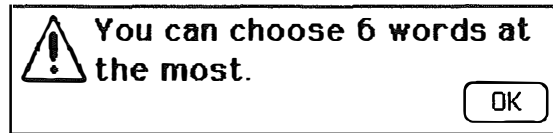


Figure 4-16. Message d'attention en cas de sélection d'un trop grand nombre de mots

Il nous reste maintenant à présenter le mode de fonctionnement des deux types de système de réponse.

Celui des boîtes à cocher est assez simple et intuitif : pour réaliser la sélection d'un mot, il suffit de cliquer dessus et elle se marque par le contraste de l'indicateur qui lui correspond (une croix apparaît dans le carré). La désélection se passe exactement de la même manière : un simple clic sur le mot sélectionné entraîne le décontraste de l'indicateur. Il est d'ailleurs essentiel qu'une telle désélection soit possible, afin de permettre à l'utilisateur de changer d'avis ou, simplement, d'annuler les conséquences d'une fausse manœuvre.

L'utilisation des deux listes de sélection est plus évoluée, mais néanmoins tout à fait standard. Avant tout, rappelons que la liste de sélection de gauche contient les diverses propositions de mots et la liste de droite est celle où l'utilisateur doit fournir sa réponse. Ce principe est confirmé par le libellé identificatif des deux listes dont nous avons déjà parlé. Pour inclure un mot dans sa réponse, l'utilisateur doit d'abord le sélectionner dans la liste de *Propositions* en utilisant la souris et la barre de défilement ; le mot en question est alors contrasté. Ensuite il doit pousser sur le bouton représentant une flèche allant vers la droite, ce qui entraîne la disparition du mot de la liste des *Propositions* et son apparition dans la liste de sélection *Solution*. Un mécanisme analogue permet à l'utilisateur de se raviser et de faire passer un mot en sens inverse, en utilisant, cette fois, le bouton représentant une flèche orientée vers la gauche. Il est à noter que, pour un changement de liste quel qu'il soit, la sélection d'un bouton ne sera suivie d'effet qu'à la seule condition qu'un mot soit sélectionné, et donc contrasté, dans la liste de sélection d'origine par rapport au mouvement qu'il entraîne.

Ces différents principes de traitement et de fonctionnement étant présentés, il nous reste à considérer l'interface en détail sans revenir sur ces éléments, mais plutôt sur leur mise en œuvre. Le principe inhérent au traitement de la reconnaissance des mots inclus dans le problème étant fort semblable à celui adopté dans la fonctionnalité *Sign Recognition*, de manière à assurer la cohérence entre les fonctionnalités, nous ne détaillerons pas ici ce qui a déjà été justifié précédemment. Différentes circonstances peuvent se présenter en cours d'exécution :

1. l'utilisateur fournit une mauvaise réponse ;

Lorsque l'utilisateur fournit une mauvaise réponse, deux possibilités existent selon le principe suivant lequel la solution doit être disponible après trois essais infructueux. De cette manière, deux écrans sont possibles à ce niveau, du point de vue des boutons d'enchaînement, comme c'était le cas dans la fonctionnalité *Sign Recognition*. La figure 4-17 illustre l'écran après trois mauvaises réponses ou plus.

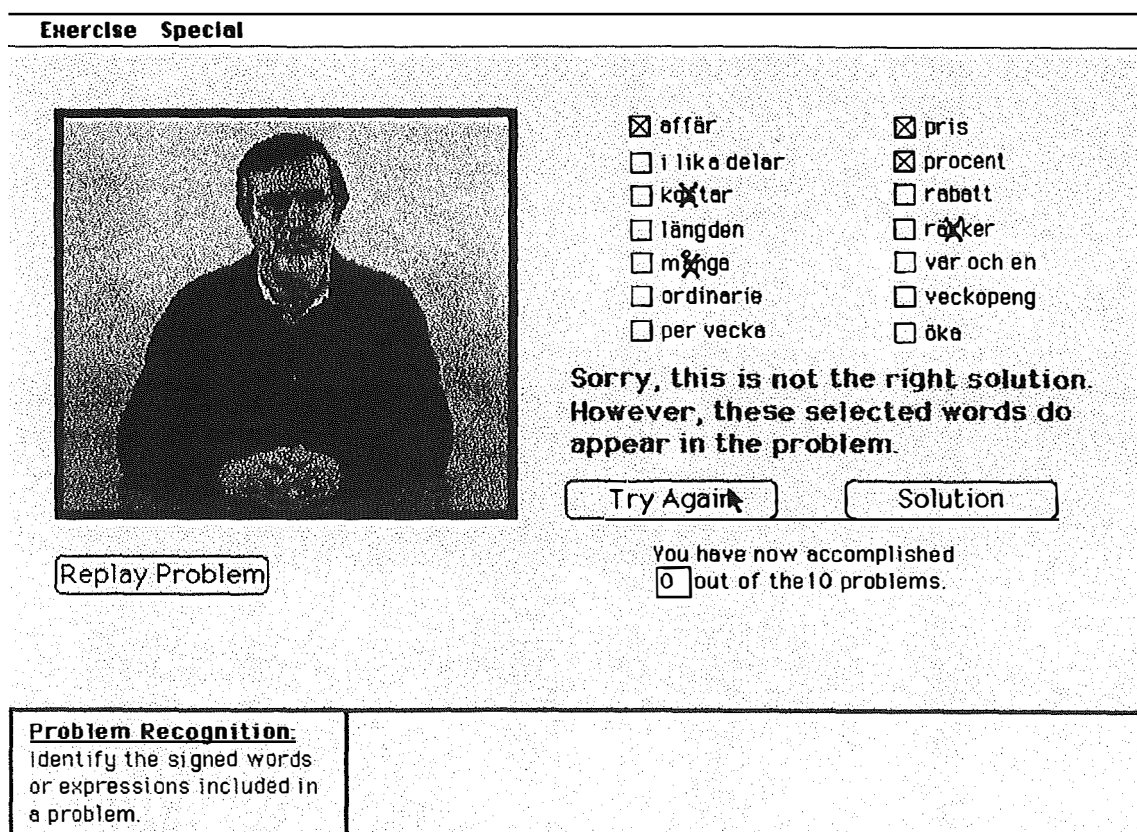


Figure 4-17. Ecran après trois mauvaises réponses ou plus dans la fonctionnalité *Problem Recognition*

Le message de correction annonçant l'erreur, écrit en rouge pour la raison qui a déjà été donnée, est le suivant : *Sorry, this is not the right solution. However, these selected words do appear in the problem.* Il correspond au principe de correction énoncé précédemment visant à préciser les mots fournis dans la réponse qui font bien partie de l'énoncé du problème.

Dans la version *boîtes à cocher*, ce principe est mis en œuvre de la façon suivante : les mots incorrects de la réponse sont désélectionnés et barrés au moyen d'une croix rouge et l'indicateur des boîtes à cocher correspondant aux mots correctement sélectionnés reste contrasté. Dans la version *listes de sélection*, les mots correctement sélectionnés sont conservés dans la liste de sélection *Solution* et les autres sont replacés dans la liste de sélection *Propositions*.

Tout comme c'était le cas dans la fonctionnalité *Sign Recognition*, les systèmes de réponse, quels qu'ils soient, sont inactifs lors de la présentation de la correction et l'utilisateur ne pourra proposer une autre réponse qu'en cliquant auparavant sur le bouton *Try Again*.

La figure 4-18 illustre les modifications survenues au niveau de l'interface dans l'hypothèse où l'utilisateur opte pour l'obtention de la solution.

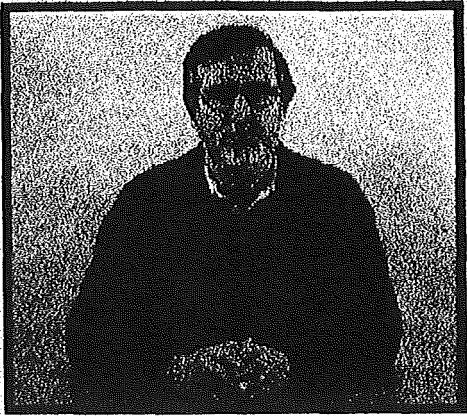
Exercise Special															
	<table border="0"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> affär</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> pris</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> i lika delar</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> procent</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> kostar</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> rabatt</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> längden</td> <td><input type="checkbox"/> räcker</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> många</td> <td><input type="checkbox"/> var och en</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> ordinarie</td> <td><input type="checkbox"/> veckopeng</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> per vecka</td> <td><input type="checkbox"/> öka</td> </tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/> affär	<input checked="" type="checkbox"/> pris	<input type="checkbox"/> i lika delar	<input checked="" type="checkbox"/> procent	<input type="checkbox"/> kostar	<input checked="" type="checkbox"/> rabatt	<input type="checkbox"/> längden	<input type="checkbox"/> räcker	<input type="checkbox"/> många	<input type="checkbox"/> var och en	<input checked="" type="checkbox"/> ordinarie	<input type="checkbox"/> veckopeng	<input type="checkbox"/> per vecka	<input type="checkbox"/> öka
<input checked="" type="checkbox"/> affär	<input checked="" type="checkbox"/> pris														
<input type="checkbox"/> i lika delar	<input checked="" type="checkbox"/> procent														
<input type="checkbox"/> kostar	<input checked="" type="checkbox"/> rabatt														
<input type="checkbox"/> längden	<input type="checkbox"/> räcker														
<input type="checkbox"/> många	<input type="checkbox"/> var och en														
<input checked="" type="checkbox"/> ordinarie	<input type="checkbox"/> veckopeng														
<input type="checkbox"/> per vecka	<input type="checkbox"/> öka														
<p>These are the words included in the problem.</p>															
<p>Continue</p>															
<p>You have now accomplished 0 out of the 10 problems.</p>															
<p>Replay Problem</p>	<p>Problem En affär lämnade tillfälligt 20% i rabatt på alla tröjor. Hur stor var rabatten på en tröja med ordinarie pris 320:-?</p>														
<p>Problem Recognition: Identify the signed words or expressions included in a problem.</p>	<p>You can see the problem signed as many times as you want or you can see the included words signed by clicking the blue ones in the text.</p>														

Figure 4-18. Ecran lors de la présentation de la solution par le système dans la fonctionnalité *Problem Recognition*

La solution est fournie à l'écran, accompagnée du message *These are the words included in the problem* écrit en vert également. De plus, la transcription du problème est affichée dans le bas de la zone de travail pour permettre à l'utilisateur d'en prendre connaissance. Le texte de la transcription apparaît en noir, à l'exception des mots proposés et inclus qui sont en bleu, afin de les mettre en évidence. Cette couleur a été choisie pour éviter tout rapport avec les connotations symboliques déjà évoquées pour le rouge et le vert et en fonction de son niveau de distinction par rapport à l'arrière-plan. Pour ce faire, nous avons suivi la règle suivante : "En fonction de l'arrière-plan, du type d'objet et de son épaisseur, les meilleures combinaisons de couleurs devraient être choisies (...)" [VAN94] d'après le tableau dont la partie significative, dans notre cas, est illustrée par la figure 4-19.

Arrière-plan	Trait fin et texte
Blanc	bleu (94%), noir (63%), rouge (25%)
Noir	blanc (75%), jaune (63%)
Rouge	jaune (75%), blanc (56%), noir (44%)
Vert	noir (100%), bleu (56%), rouge (25%)
Bleu	blanc (81%), jaune (50%), cyan (25%)
Cyan	bleu (69%), noir (56%), rouge (37%)
Magenta	noir (63%), blanc (56%), bleu (44%)
Jaune	rouge (63%), bleu (63%), noir (56%)

Figure 4-19. Combinaisons de couleurs

Malgré un certain encombrement de la zone de travail à ce moment, nous avons considéré qu'il était de la première importance de conserver tous les éléments. En effet, le maintien des dispositifs de sélection permet à l'utilisateur de constater les erreurs qu'il a commises en sélectionnant de mauvais mots, et favorise donc l'apprentissage. Le message de correction est nécessaire pour préciser dans quelles circonstances l'utilisateur en est arrivé là (pour un professeur qui surveillerait épisodiquement les résultats de l'élève, par exemple). Le bouton *Continue* étant indispensable pour l'enchaînement dans l'exécution de la fonctionnalité, seule l'information de guidage sur l'avancement de l'utilisateur peut sembler facultative. Cependant, si nous la retirons, à ce moment, aucune raison ne justifie sa présence ailleurs, selon la règle ergonomique déjà mentionnée : "Seuls les objets interactifs concrets nécessaires doivent être affichés" [VAN94]. Une solution à ce problème peut consister à développer un système de guidage plus complet activable par un simple clic sur un bouton particulier. Mais, n'ayant eu ni le temps ni la demande pour le développement d'une telle possibilité, nous avons décidé de laisser l'écran tel quel.

Cet écran marque l'entrée dans la deuxième partie du traitement d'un problème : l'utilisateur peut maintenant revoir la traduction gestuelle du problème complet, comme cela a toujours été le cas, mais il peut, en plus, voir individuellement la traduction gestuelle d'un mot inclus en cliquant sur le mot coloré de son choix. S'il opte pour cette dernière possibilité, la traduction gestuelle du mot apparaît dans le cadre de présentation, accompagnée des modifications illustrées par la figure 4-20.

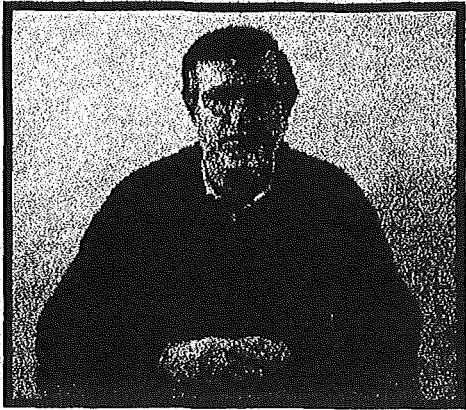
Exercise Special	
	
<input checked="" type="checkbox"/> affär <input type="checkbox"/> i lika delar <input type="checkbox"/> kostar <input type="checkbox"/> längden <input type="checkbox"/> många <input checked="" type="checkbox"/> ordinarie <input type="checkbox"/> per vecka	<input checked="" type="checkbox"/> pris <input checked="" type="checkbox"/> procent <input checked="" type="checkbox"/> rabatt <input type="checkbox"/> räcker <input type="checkbox"/> var och en <input type="checkbox"/> veckopeng <input type="checkbox"/> öka
<p>These are the words included in the problem.</p> <p>Continue</p> <p>You have now accomplished 0 out of the 10 problems.</p>	
<p>Replay Problem</p> <p>Replay Sign</p>	<p>Problem En affär lämnade tillfälligt 20% i rabatt på alla tröjor. Hur stor var rabatten på en tröja med ordinarie pris 320:-?</p>
<p>Problem Recognition: Identify the signed words or expressions included in a problem.</p>	<p>You can replay either the problem or the selected word.</p>

Figure 4-20. Ecran lors de la présentation de la traduction individuelle d'un mot inclus dans l'énoncé du problème dans la fonctionnalité *Problem Recognition*

Le mot qui a été sélectionné change d'apparence de manière à signifier clairement qu'il constitue la transcription de la traduction gestuelle proposée. Nous avons exceptionnellement utilisé cette méthode de mise en évidence à défaut du champ particulier directement en rapport avec le cadre de présentation, à cause du manque de place et l'usage peu fréquent de la possibilité de voir la traduction individuelle d'un mot dans l'ensemble de la fonctionnalité.

Pendant toute la période où un mot est sélectionné dans la transcription de l'énoncé, un bouton *Replay Sign* figure en-dessous du cadre de présentation à côté du bouton *Replay Problem* habituel. Il permet donc de lancer directement une nouvelle présentation de la traduction gestuelle du mot sélectionné. Nous avons décidé d'introduire ce bouton de manière à toujours laisser à l'utilisateur la possibilité de revoir la traduction gestuelle du problème complet, conformément à ce qui a été exprimé dans la spécification. De plus, si nous avons décidé de ne proposer qu'un bouton à la fois et donc de remplacer le bouton *Replay Problem* par le bouton *Replay Sign*, la faible différence entre les deux aurait pu

engendrer une confusion chez l'utilisateur. Notons que le manque de clarté aurait été total si, par souci de cohérence, nous avions employé en permanence un bouton *Replay*, l'utilisateur ne sachant pas, en cas de sélection d'un mot, s'il se rapporte à ce mot ou au problème complet.

Finalement, que l'utilisateur décide de consulter la traduction gestuelle de mots ou pas, il doit cliquer sur le bouton *Continue* afin de poursuivre sa progression dans l'exercice. Comme c'était le cas dans la fonctionnalité *Sign Recognition*, le compteur du message de guidage concernant le nombre de problèmes traités correctement n'évolue bien sûr pas, étant donné que c'est le système qui a procuré la solution à l'utilisateur.

2. l'utilisateur fournit une bonne réponse.

Lorsque l'utilisateur fournit une bonne réponse, l'écran subit des modifications semblables à celles qui ont été illustrées dans le cas de la présentation de la solution, à l'exception du message de correction lui signalant le statut de bonne réponse : *Congratulations, you have recognized all the words.*

Par souci pédagogique, les croix rouges, mentionnant les erreurs qu'aurait commises l'utilisateur en cours de reconnaissance, sont maintenues afin de lui faciliter l'intégration de ce fait lors de la comparaison avec la transcription de l'énoncé présentée dans le bas de la zone de travail.

Le mode d'utilisation des mots inclus dans la transcription du problème et du bouton *Replay Sign* étant tout à fait identique à celui prévalant en cas de présentation de la solution par le système (exposé dans le point précédent), nous ne le détaillerons pas ici.

Lorsque l'utilisateur clique sur le bouton *Continue*, manifestant ainsi son désir de poursuivre sa progression dans la fonctionnalité, la valeur du compteur de l'information de guidage sur l'avancement de l'utilisateur augmentera d'une unité, pour autant qu'il n'ait pas commis d'erreur préalable. Lorsque ce compteur arrive à la valeur maximale (10), cela signifie qu'il a traité correctement tous les problèmes répertoriés dans le système et l'écran final, présenté avec le message *Congratulations, you have recognized all the words in all the problems*, lui signifie ce fait (figure 4-21). Dès lors, il ne reste plus alors à l'utilisateur que la possibilité d'activer une des trois fonctionnalités ou de quitter l'application.

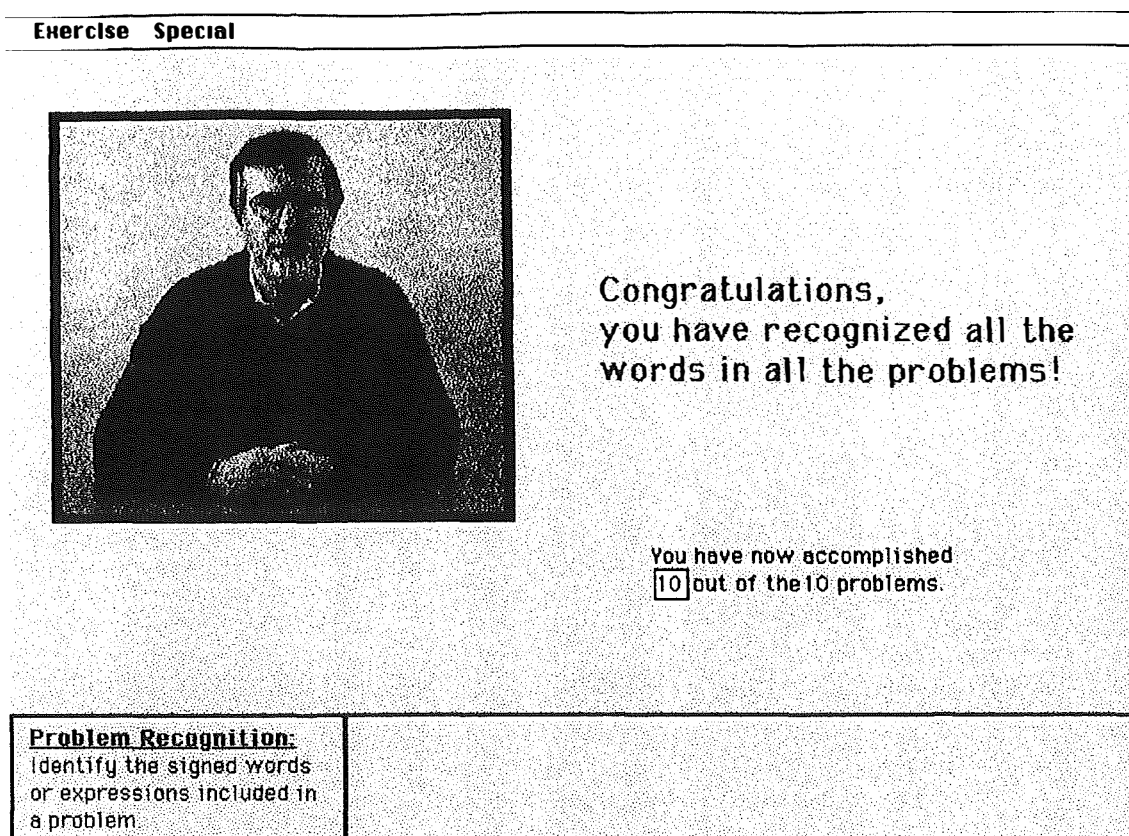


Figure 4-21. Ecran final de la fonctionnalité *Problem Recognition*

C. Schéma comportemental de la fonctionnalité *Problem Recognition*

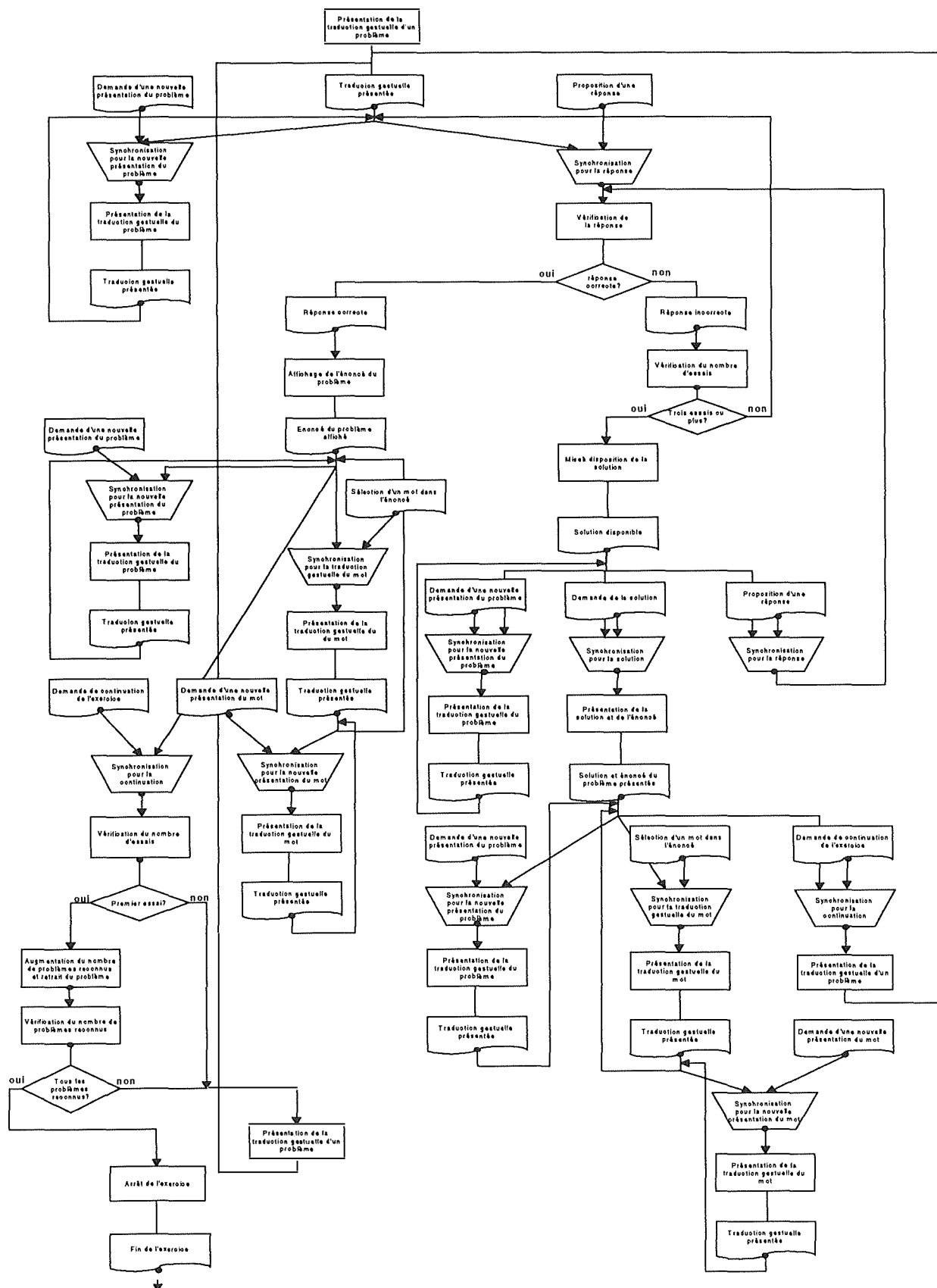
La figure 4-22 présente le schéma comportemental de la fonctionnalité *Problem Recognition*.

L'exécution de la fonctionnalité *Problem Recognition* commence par la présentation de la traduction gestuelle d'un problème. Selon l'intervention de l'utilisateur, le système proposera à nouveau la traduction gestuelle du problème ou vérifiera la réponse de celui-ci. Nous signalons que, pour ne pas encombrer outre mesure le schéma, nous n'avons pas fait figurer les actions nécessaires à la prise en charge, par le système, de la gestion du nombre maximum de mots sélectionnés. Pour rappel, la réponse de l'utilisateur ne peut contenir plus de 6 mots.

Dans l'hypothèse où la réponse est incorrecte, le système met la solution à la disposition de l'utilisateur s'il a fait trois essais ou plus. Si ce n'est pas le cas, il n'aura que les deux possibilités déjà citées. Lorsque l'utilisateur demande la solution, elle lui est directement présentée par le système, accompagnée de la transcription de l'énoncé du problème. Il peut

alors opter soit pour une nouvelle vision de la traduction gestuelle du problème, soit pour la continuation de l'exercice ou encore pour la vision de la traduction gestuelle d'un des mots qui étaient à découvrir dans l'énoncé. Dans ce dernier cas, il pourra la revoir, suite à la présentation de la traduction gestuelle du mot choisi, en plus des trois possibilités dont il disposait déjà. Lors de la demande de continuation, l'exercice se poursuit par la présentation de la traduction gestuelle d'un problème.

Dans l'hypothèse où la réponse est correcte, le système donne la transcription de l'énoncé du problème à l'utilisateur qui dispose exactement des mêmes possibilités que lorsque c'est le système qui a fourni la solution. La seule différence se marque lors de la demande de continuation de l'exercice : le système vérifie si l'utilisateur a trouvé la bonne réponse lors de son premier essai. Si c'est le cas, il augmente le nombre de problèmes reconnus et retire le problème de la liste de ceux restant à traiter. Si tous les problèmes ont été reconnus, c'est la fin de l'exercice. Dans le cas contraire, il se poursuit avec la présentation de la traduction gestuelle d'un problème.

Figure 4-22. Schéma comportemental de la fonctionnalité *Problem Recognition*

Chapitre 5 : Evaluation de l'application

Pour présenter l'évaluation de l'application, nous commençons par l'exposition de la méthode utilisée (section 5.1.).

Nous détaillons ensuite les résultats que nous avons obtenus avec deux groupes d'enfants plus ou moins avancés (respectivement aux sections 5.2. et 5.3.).

Ensuite, nous confrontons la méthodologie que nous avons employée avec une autre, proposée pour des logiciels pour personnes handicapées (section 5.4.), avant de conclure (section 5.5.).

5.1. Présentation de la méthode utilisée

Avant tout, il convient de préciser que nous n'avons malheureusement pas eu l'occasion de réaliser l'évaluation de l'application avec les élèves du professeur qui a participé à son développement. C'est donc avec la classe d'un autre enseignant que nous avons testé l'opportunité de l'application et la mesure dans laquelle elle est utilisable. Cette classe étant composée d'enfants âgés de 7 à 9 ans, il est nécessaire de considérer les résultats engendrés avec critique vu leur plus jeune âge par rapport aux destinataires initialement prévus (de 9 à 15 ans, pour rappel).

Pour réaliser l'évaluation, nous avons respecté la répartition traditionnelle de la classe en deux groupes, en fonction de l'avancement des enfants. Le premier groupe était donc composé de trois enfants avancés et le deuxième de quatre enfants plus faibles, notamment par le fait qu'ils maîtrisent moins la langue écrite. Le nombre d'enfants composant chaque groupe correspondait également à notre volonté de leur donner la possibilité d'échanger leurs avis et impressions à propos de l'application, tout en permettant à chacun de la manipuler.

A chacun des groupes, nous avons proposé de tester successivement les trois fonctionnalités sur base d'une simple explication de leur but, par l'intermédiaire du professeur présent, en langue des signes. L'objectif poursuivi était de voir si leur utilisation était suffisamment compréhensible et facile.

Pratiquement, nous avons utilisé divers procédés, pour les deux groupes, afin de ne pas perdre d'informations significatives lors de ces tests. Nous avons, d'une part, filmé les séances au moyen d'une caméra vidéo et pris note des différentes actions posées par les enfants afin de garder la trace de leurs évolutions et impressions. D'autre part, nous avons particulièrement fait attention aux difficultés, engendrées par la disposition de l'interface dans les trois fonctionnalités, que les enfants ont rencontrées en cours d'utilisation. Nous avons, pour ce faire, préparé une liste de problèmes que nous anticipions et dans laquelle il suffisait de cocher ceux effectivement rencontrés. Finalement, une fois les deux tests effectués, nous avons questionné le professeur présent afin d'avoir son avis ainsi qu'un meilleur rapport sur les réactions des enfants, qu'il connaît bien pour les suivre quotidiennement, et les réflexions qu'ils ont échangées en langue des signes.

Avant de passer à la description de nos observations effectuées lors de l'évaluation, nous précisons que les tests ont été effectués sur les versions suédoises de l'application, mais que nous allons les analyser, par souci de clarté, en termes des versions anglaises. Ceci ne porte aucun préjudice à la fiabilité de l'évaluation puisque la différence entre les versions suédoises et anglaises porte uniquement sur la traduction de l'interface et non sur leur fonctionnement.

5.2. Evaluation avec le groupe d'enfants avancés

Dans la fonctionnalité *Learning Signs*, nous avons pu constater la forte tendance des enfants à privilégier, parfois maladroitement en cliquant de manière excessive ou trop rapide, l'utilisation de la liste de sélection par rapport au champ d'édition. Ils ont, en effet, activé successivement la traduction gestuelle de tous les mots présents dans la liste de sélection. Ce faisant, au-delà de la découverte de certains mots nouveaux, ils ont été surpris par la traduction gestuelle de certains d'entre eux. Nous avons, de cette façon, pu vérifier l'utilité de l'application par rapport au but poursuivi d'unification ou de standardisation des signes.

Lorsque nous avons attiré leur attention sur le champ d'édition qu'ils négligeaient, ils ont eu quelques difficultés à l'employer. Ils ont, tout d'abord, tenté d'introduire un mot sans que le champ ne soit actif. Leur ayant expliqué qu'il fallait d'abord activer le champ en cliquant

dessus, ils ne sont ensuite pas parvenus à valider leur entrée. Ils ont tenté de cliquer à nouveau sur le champ mais n'ont pas utilisé la touche *RETURN*. Cette tendance des jeunes enfants à oublier la validation de leurs actions et réponses a déjà été mise en évidence par ailleurs : "La plupart du temps, ils attendent juste que l'ordinateur continue automatiquement, sans activer le bouton qui provoque la poursuite de la tâche par le programme" (traduit de [NOI94a]).

Ceci nous amène à la constatation générale qu'ils ne faisaient pas attention aux consignes écrites dans la zone de commentaires d'utilisation. En réalité, seul un d'entre eux les avait lues, mais il était plus réservé et n'a donc pas pris d'initiatives par rapport aux autres.

Dans le test des deux versions du *Problem Recognition*, différents problèmes ont pu être mis en évidence. Comme nous avons d'abord proposé la version avec les boîtes à cocher, c'est bien sûr dans celle-là que les enfants ont rencontré le plus de difficultés (le principe de l'exercice étant le même dans les deux versions).

Tout d'abord, ils n'ont pas trouvé qu'ils devaient pousser sur le bouton *Check* pour activer la correction de la solution qu'ils proposaient. Ensuite, c'est la nécessité de pousser sur *Try Again* avant de proposer à nouveau une solution, lors de l'affichage du message de correction signifiant que la réponse était mauvaise, qui n'a pas été identifiée. Cela a eu pour conséquence qu'ils n'ont pas eu de réaction du système lorsqu'ils ont tenté de changer le statut des boîtes à cocher à ce moment précis. Il apparaît, de ces diverses constatations, que l'enchaînement des opérations à effectuer n'est pas suffisamment clair dans l'application.

Pour un des problèmes, ils ont voulu sélectionner tous les mots et ont donc été confrontés au message d'erreur signalant que 6 mots, au maximum, peuvent être cochés. S'ils ont bien compris ce principe, ils ont, par la suite, sélectionné les mots proposés à tour de rôle afin d'arriver, malgré tout, à la solution par élimination.

De plus, une fois l'identification des mots inclus réalisée, ils n'ont prêté aucune attention à l'énoncé du problème ainsi qu'à la possibilité de revoir individuellement la traduction gestuelle des mots proposés qui en font partie. De même, ils ne se sont pas souciés de la présence du compteur de problèmes restant à traiter.

En ce qui concerne la version avec les listes de sélection, c'est la manière d'utiliser ces dernières et de présenter la solution qui leur a posé quelques problèmes de compréhension au départ. Cependant, une fois que nous leur en avons expliqué le fonctionnement, il semble que ce soit la version qu'ils préfèrent.

Après discussion, nous nous sommes rendu compte qu'ils cherchaient plus à résoudre le problème d'un point de vue mathématique qu'à identifier les mots qui figurent dans son énoncé. Peut-être est-ce parce que l'évaluation s'est effectuée dans le cadre du cours de mathématiques et non du cours de suédois auquel s'apparente plus l'application, en fin de compte? Quoi qu'il en soit, cette troisième fonctionnalité ne répond pas spécialement à l'attente initiale.

Finalement, au niveau du mode d'interface globale, ils ont marqué leur réticence et leur incompréhension par rapport à l'usage de la barre de menu. Ils semblent plus sensibles à l'aspect visuel et permanent des boutons, permettant l'activation des différentes fonctionnalités.

5.3. Evaluation avec le groupe d'enfants moins avancés

Nous avons consacré légèrement moins de temps à ce groupe étant donné leur plus faible niveau qui s'est avéré un obstacle non négligeable dans l'utilisation de l'application. Néanmoins, l'observation de leurs réactions nous a apporté quelques éclaircissements.

Nous avons pu constater, comme c'était le cas pour le premier groupe, leur plus grand intérêt pour l'utilisation de la liste de sélection par rapport à celle du champ d'édition dans la fonctionnalité *Learning Signs*. Cependant, ils n'ont pas employé la barre de défilement pour parcourir toute la liste de sélection. De plus, une chose significative est qu'ils ont commencé par sélectionner les mots qu'ils connaissaient avant de les prendre tous un par un. Il faut probablement y voir l'effet de leur plus faible maîtrise de la langue écrite qui, pour rappel, constitue une véritable langue étrangère pour un sourd. Ceci implique qu'ils étaient encore moins capables de comprendre les commentaires par rapport aux élèves du premier groupe.

Dans la fonctionnalité *Sign Recognition*, ils éprouvé encore plus de difficultés pour valider le mot qu'ils avaient introduit dans le champ d'édition.

Par ailleurs, nous avons pu identifier une complication dans le cadre de cette fonctionnalité qui est due à une particularité de la langue suédoise elle-même : la différence entre la forme déterminée et indéterminée d'un nom. Par conséquent, un mot correctement identifié mais introduit dans la forme ne correspondant pas à celle enregistrée dans le système sera assimilé à une mauvaise réponse!

D'autre part, les élèves de ce groupe ont été surpris de la non évolution du compteur après avoir répondu correctement, mais après une erreur. Cela vient, bien sûr, du choix d'implémentation que nous avons posé mais prouve qu'ils y ont fait attention, contrairement au premier groupe.

Outre les remarques déjà évoquées pour le premier groupe, nous avons surtout pu déceler qu'il y avait toujours un problème au niveau des films. En effet, une élève qui n'est pas sourde de naissance, mais qui a acquis sa surdité et qui a donc une plus faible maîtrise de la langue des signes, a eu des problèmes pour comprendre les signes montrés à l'écran. Ceci est dû au fait que l'enchaînement des images est encore trop saccadé et donc pas assez naturel pour lui permettre de les comprendre.

5.4. Confrontation avec une méthodologie d'évaluation de logiciel

Dans cette section, nous confrontons la méthodologie d'évaluation que nous avons employée pour notre application à celle que [NOI94b] propose pour les logiciels pour personnes handicapées.

Tout d'abord, nous pouvons constater que nous avons sensiblement prêté attention aux mêmes éléments d'évaluation que ceux prescrits dans cet article : la facilité d'utilisation ainsi que la clarté des écrans et messages pour l'utilisateur.

Nous n'avons cependant pas pu apprécier si la présentation de l'application était agréable aux enfants, vu que la totalité de son développement a été consacré à l'aspect fonctionnel. Néanmoins, nous pouvons aisément reconnaître qu'un effort est à faire pour rendre l'application plus conviviale, particulièrement pour des enfants.

Finalement, si nous avons pu constater l'opportunité de l'objectif d'unification de vocabulaire de la langue des signes poursuivi par l'application, nous n'avons pas eu les moyens de vérifier son atteinte. En effet, comme nous n'avons pu faire qu'une seule évaluation avec les élèves, nous n'avons pas été en mesure de déterminer s'ils avaient effectivement adopté ces nouveaux signes.

Au niveau de la méthodologie employée, nous nous sommes assez bien conformés à ce qui est prescrit en ce qui concerne les questionnaires et les enregistrements audiovisuels. En réalité, pour ce qui est des questionnaires, nous avons prêté attention aux mêmes domaines de réflexion en matière d'ergonomie du logiciel. Par contre, au sujet de l'identité des utilisateurs et de l'observateur, nous n'avons effectivement pris en compte que le niveau scolaire relatif des enfants au cours de la constitution des groupes.

D'autre part, faute de moyens, nous n'avons pas eu recours à l'étude des traces.

5.5. Conclusion

Au risque de nous répéter par rapport à la présentation de la méthode utilisée, il convient de tenir compte du fait que les enfants avec lesquels nous avons réalisé l'évaluation de l'application sont plus jeunes que ceux pour lesquels elle a été conçue. De plus, les circonstances particulières de cette séance ne leur ont probablement pas permis de réagir de façon absolument naturelle. Parmi ces circonstances, nous pouvons citer le fait qu'ils se sont retrouvés au milieu d'étrangers qui les ont observés, filmés et qui, de surcroît, ne comprennent pas la langue des signes (ainsi que le suédois pour notre part). Leurs habitudes d'utilisation de l'outil informatique ont également été bouleversées. Traditionnellement, c'est le professeur qui leur dit ce qu'ils ont à faire alors que, cette fois, nous leur avons demandé d'agir comme bon il leur semblait. Leurs habitudes les ont quelque peu retenus au début.

Néanmoins, ces précisions faites, il est possible de tirer les conclusions suivantes de ces évaluations, à côté des problèmes des films trop saccadés, qui dépendent uniquement des capacités matérielles, et de la nécessaire amélioration de la convivialité.

Une constatation d'ordre général signale que les enfants sont plus intéressés par les listes de sélection et ont une tendance assez poussée à cliquer un peu partout. Ces deux choses sont sûrement liées : poussés à manipuler la souris et à cliquer, ils préfèrent utiliser les listes de sélection au lieu des champs d'édition. Nous pouvons également retrouver dans cette constatation le résultat de leur plus faible maîtrise de la langue écrite. En comptant qu'ils semblaient perdus dans l'utilisation des barres de menu, ces considérations permettent d'identifier la version qu'ils préfèrent, celle avec les boutons permanents et les listes dans la fonctionnalité *Problem Recognition*, mais probablement pas beaucoup plus.

La partie la plus importante de la conclusion concerne particulièrement les commentaires d'utilisation et, de façon générale, la compréhension de la méthode d'utilisation de l'application.

Nous avons mis en évidence la difficulté éprouvée par les enfants, dans l'enchaînement des actions à effectuer dans une fonctionnalité. Pour rappel et en guise d'exemple, nous pouvons citer la nécessité de cliquer sur le bouton *Check* pour activer la correction de la solution proposée ou encore celle de cliquer sur le bouton *Try Again* avant de proposer une nouvelle réponse en cas d'erreur commise.

Élément plus fondamental, la difficulté de compréhension des consignes écrites dans la zone de commentaires d'utilisation est de nouveau due au fait que la langue écrite constitue une véritable deuxième langue pour les sourds, problème accentué par le jeune âge des enfants. Il s'agit donc maintenant de trouver un moyen de fournir aux enfants une interface claire qui leur serait accessible. Il semble, d'après leur sensibilité constatée lors de cette évaluation, qu'il faut se diriger vers une solution *plus visuelle*. C'est à ce problème que va être consacré le chapitre suivant.

Chapitre 6 : Adaptation de l'application et perspectives

Dans ce chapitre, nous présentons les modifications que nous suggérons pour adapter l'application, en réponse à son évaluation présentée au chapitre précédent, et la rendre plus compréhensible pour les enfants ainsi que plus facile à utiliser. Nous n'avons pas implémenté ces différents changements mais nous en proposerons généralement des illustrations dans les sections suivantes.

Nous commençons par présenter les principes que nous avons suivis pour déterminer les adaptations à apporter à l'application (section 6.1.).

Ensuite, nous illustrons le mode d'interface globale que nous avons choisi comme étant le plus approprié dans ce cas particulier (section 6.2.).

Nous poursuivons en détaillant les adaptations envisagées pour les différents éléments de l'interface classés par catégories (section 6.3.).

Finalement, nous proposons, en guise de perspectives, des modifications que nous n'avons pas réalisées faute de temps, mais que nous jugeons pertinentes dans le cadre de cette application (section 6.4.).

6.1. Principes suivis pour l'adaptation

Comme nous venons de le mettre en évidence dans le chapitre 5, le principal inconvénient de l'application telle que nous l'avons réalisée est son accessibilité difficile pour des enfants ne maîtrisant pas bien la langue écrite. Par ailleurs, la présentation des écrans est fort terne et peu conviviale pour des enfants.

Pour remédier au problème de compréhension, le principe de base que nous avons adopté est de joindre une représentation graphique significative à toute information écrite, qu'il s'agisse de l'intitulé d'un bouton de commande ou d'un message (de correction ou d'erreur). Nous avons décidé d'abandonner les commentaires d'utilisation parce qu'à côté de leur incompréhensibilité, ils sont trop longs pour être représentés graphiquement. En effet, nous avons estimé que la meilleure perception des messages et de la fonction des boutons, grâce à

leur représentation graphique, contribue déjà fortement à améliorer l'acquisition par l'utilisateur de la séquence d'actions qu'il a à poser.

L'idée d'utiliser une représentation graphique étant acquise, nous allons maintenant exposer les diverses modalités envisagées.

Nous avons d'abord pensé à employer des illustrations de mains pour représenter, par un moyen plus proche de la langue des signes qui est propre aux enfants devant utiliser l'application, les concepts véhiculés par les éléments à adapter. Mais, comme nous l'avons expliqué au point A de la sous-section 1.5.2., cinq éléments interviennent dans la constitution d'un signe. Une simple représentation statique des mains, sans même parler de l'expression du visage, est donc tout à fait insatisfaisante par le fait que ni la localisation ni le mouvement ne sont représentables. Nous avons donc abandonné cette voie.

Nous avons alors considéré l'utilisation du langage universel BLISS, fonctionnant sur base de représentations schématiques. Nous avons également abandonné assez rapidement cette possibilité selon l'avis d'utilisateurs courants de ce langage : le BLISS est extrêmement formel et devient rapidement compliqué par des associations d'idées dépendant des cultures. Malgré qu'il soit employé parfois par des enfants handicapés cérébro-moteurs, incapables d'utiliser d'autres moyens de communication, nous estimons qu'il est possible de trouver une méthode plus appropriée dans le cas de notre application.

Finalement, nous avons opté pour des icônes comme moyen d'illustration. Avant de passer à la présentation de ces nouveaux éléments de l'interface, nous précisons que nous avons maintenu les intitulés en-dessous de leur représentation graphique de façon à ce que cette dernière soit simplement explicative. De plus, cette formule permet aux enfants de faire une association de sens entre le libellé et l'idée véhiculée plus facilement par les icônes : elles "fournissent une information plus concise et plus rapidement assimilable que des textes, spécialement pour des personnes ayant des difficultés de lecture." [NOI94b].

En ce qui concerne la présentation terne et peu conviviale de l'application telle que nous l'avons réalisée, nous estimons que le principe d'introduction des illustrations que nous venons de présenter améliore déjà nettement le problème. Il reste donc à trouver un arrière-plan plus approprié aux modifications graphiques proposées pour remplacer l'ancien.

Comme les illustrations sont désormais assez nombreuses dans l'application, nous considérons qu'inclure un dessin, ne fût-ce que grisé, sur l'arrière-plan entraînerait une trop grande densité d'occupation de l'écran. Nous pensons donc que le choix d'une couleur claire,

douce et plus gaie que le gris initial remplirait parfaitement bien ce but. Il convient également de se rappeler que l'application est prévue pour un apprentissage et qu'il ne faut pas transformer la nécessaire provocation de la motivation des enfants en une diversion... Nous avons opté pour du jaune pâle en fonction du tableau de combinaison des couleurs présenté par la figure 4-19. D'après ce dernier, il s'agit de la meilleure couleur d'arrière-plan à associer à du texte rouge, du bleu ou du noir. De plus, il s'avère que le vert, dernière couleur utilisée pour les messages dans notre application, est également clairement identifiable sur ce fond.

6.2. Choix du mode d'interface globale

En matière de mode d'interface globale, notre choix s'est porté vers les boutons permanents, suite aux difficultés rencontrées par les enfants au niveau de la barre de menu. Nous supposons que ce problème est lié au caractère caché des informations et à la plus grande complexité du mode de sélection, de façon analogue à ce qui a été mis en évidence pour les personnes déficientes mentales dans [NOI94b]. Pour rappel, il ne faut pas, pour autant, assimiler la surdité à un handicap mental, comme nous l'avons précisé à la section 1.7.

Etant donné que nous avons décidé d'abandonner les commentaires d'utilisation, la zone inférieure de l'écran est libre sur toute la longueur pour les nouveaux boutons graphiques permanents. Le bouton correspondant à l'état courant de l'application est, cette fois, entouré d'un cadre noir et non plus contrasté comme c'était le cas précédemment. La figure 6-1 illustre le nouvel écran de présentation de l'application.

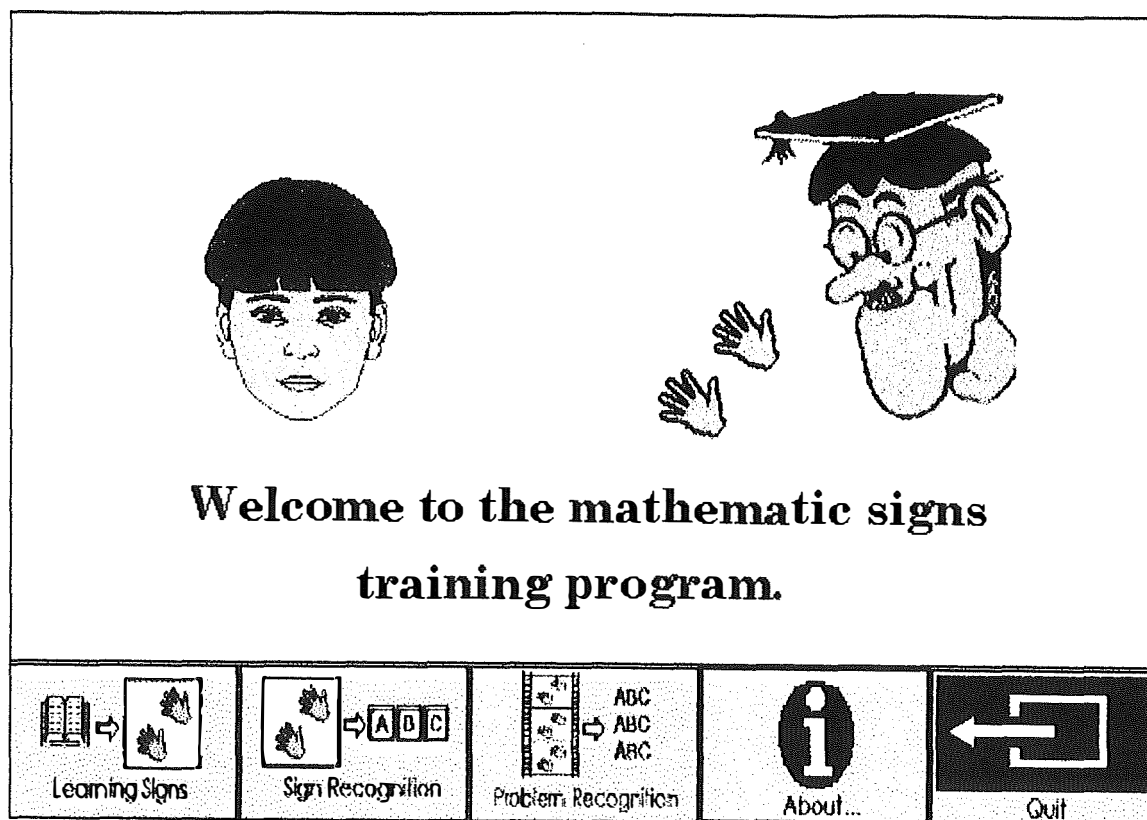


Figure 6-1. Nouvel écran de présentation

Nous avons conservé le message d'accueil *Welcome to the mathematic signs training program.* de la version précédente. De plus, pour égayer un peu l'écran et le rendre plus représentatif, nous y avons joint les visages d'un élève et d'un professeur ainsi que des mains, directement associées à ce dernier, symbolisant un signe. Ces mains seront toujours associées au concept de signe dans l'interface.

Dans le bas de l'écran, figurent, séparés de la zone de travail par la ligne habituelle, les boutons permanents associés au déclenchement des trois fonctionnalités, à la présentation de l'écran initial ou à la sortie de la fonctionnalité. De manière à favoriser la distinction entre ces boutons et le reste de l'écran, nous avons choisi la couleur grise pour leur arrière-plan. Nous avons opté pour cette couleur, non seulement parce qu'elle est contrastée avec le jaune de l'arrière-plan, mais aussi parce qu'elle est assez neutre pour pouvoir supporter la représentation iconique des boutons.

De plus, elle permet d'éviter un conflit avec les nombreuses couleurs déjà utilisées dans la zone de travail de l'application. Nous allons maintenant expliquer chacun de ces boutons :

- Learning Signs ;

Le graphique du bouton permanent servant à l'activation de la fonctionnalité *Learning Signs* est, comme ceux de tous les boutons correspondant à une fonctionnalité, composé de deux dessins séparés par une flèche. Ceci a pour but de symboliser le passage entre deux représentations correspondantes, l'une en tant qu'input et l'autre en tant qu'output, utilisées dans la fonctionnalité. Dans le cas de la fonctionnalité *Learning Signs*, d'un côté il y a un livre contenant une liste de mots (symbolisant de la sorte un dictionnaire) et de l'autre des mains représentant un signe, dans un cadre.

- Sign Recognition ;

Le graphique représentant la fonctionnalité *Sign Recognition* est composé, pour la partie input, des mains symbolisant un signe et, pour la partie output, de touches de clavier représentant les trois premières lettres de l'alphabet.

Nous avons opéré le choix de touches pour aider l'utilisateur à prendre conscience du fait qu'il doit introduire un mot, associé au signe, c'est-à-dire sa transcription, par l'intermédiaire du clavier.

- Problem Recognition ;

La fonctionnalité *Problem Recognition* est représentée par un bout de film contenant plusieurs paires de mains, pour la partie input, et plusieurs séries de lettres pour la partie output.

L'input de la fonctionnalité est donc bien un *ensemble* de signes. Nous avons volontairement marqué la différence entre le signe et le problème sur la notion de nombre. En effet, la distinction principale entre les deux concepts dans l'application réside dans le fait qu'un problème est composé de plusieurs signes alors que le signe est unique. Ce nombre et cette séquence comprise dans le concept de problème se représentent, selon nous, idéalement par l'idée du film, même si, d'un point de vue technique, le moyen de présentation d'un signe à l'écran est également un signe.

Par ailleurs, nous avons utilisé, en guise de partie output, plusieurs suites de lettres sans recourir au formalisme de touche de clavier : pour signifier à l'utilisateur, qu'il est susceptible de soumettre plusieurs mots et, qu'il n'aura pas à le faire au moyen du clavier. En poussant le raisonnement plus loin, la disposition verticale des suites de lettres peut symboliser la liste des propositions de cette fonctionnalité.

- About... ;

L'écran de présentation peut faire l'objet d'un affichage par l'activation du bouton *About...*

Son but étant de rendre disponibles les informations concernant l'application, nous avons utilisé, comme représentation graphique, le panneau d'information traditionnel.

Dans la figure 6-1, ce bouton est encadré d'un rectangle noir étant donné que c'est précisément l'écran de présentation qui est affiché.

- Quit.

Le bouton *Quit*, permettant à l'utilisateur de quitter l'application, est représenté graphiquement par le signal de sortie trouvé communément dans les bâtiments publics, de manière à faire appel au modèle mental de l'utilisateur. Il s'agit bien sûr du seul bouton qui ne sera jamais entouré d'un cadre noir puisqu'il ne correspond pas à un état de l'application.

6.3. Adaptation de l'interface

Dans cette section, nous présentons les diverses adaptations que nous avons apportées aux éléments de l'interface :

- les boutons de commande (sous-section 6.3.1.) ;
- les messages de correction (sous-section 6.3.2.) ;
- les messages d'attention et d'arrêt (sous-section 6.3.3.) ;
- l'information de guidage sur l'avancement de l'utilisateur dans une fonctionnalité (sous-section 6.3.4.).

6.3.1. Adaptation des boutons de commande

Dans cette sous-section, nous présentons l'adaptation des divers boutons de commandes présents dans l'application. Au sein des diverses illustrations que nous proposons, les boutons de l'ancienne version se trouvent à gauche et ceux de la nouvelle, à droite.

Signalons avant toute autre chose que nous avons agrandi les boutons, pour permettre au graphique de remplir correctement sa fonction de représentativité et être suffisamment visible. Cela ne doit pas provoquer de modification fondamentale dans la présentation des

écrans, à l'exception de celui de la fonctionnalité *Problem Recognition* où l'énoncé du problème est présenté. Il devra probablement faire l'objet d'un remaniement, quitte à séparer le déroulement de la fonctionnalité en deux écrans distincts, de même que la taille des nouveaux boutons devra être adaptée en fonction de la présentation des écrans. De plus, nous avons opté pour la couleur grise pour l'arrière-plan des boutons de commande et ce, pour les mêmes raisons que celles qui ont été évoquées pour les boutons permanents.

- Bouton OK

Nous avons utilisé le symbole '✓' vert pour la représentation graphique du bouton *OK* (figure 6-2). Cela correspond à la pratique usuelle en informatique, de même que dans la vie courante où un message est coché de la sorte après sa lecture.

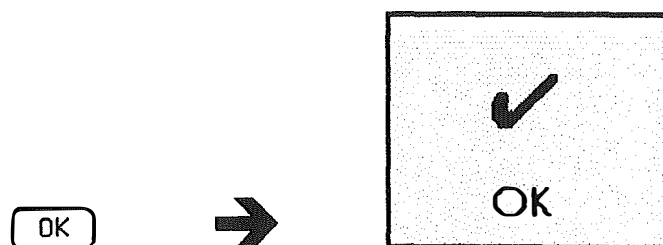


Figure 6-2. Adaptation du bouton *OK*

Nous pensons qu'il serait bon de l'utiliser conjointement au champ d'édition de la fonctionnalité *Learning Signs* pour permettre à l'utilisateur de prendre plus facilement conscience de la nécessité de valider ce qu'il y a introduit. Son activation remplacerait donc l'utilisation de la touche 'RETURN'.

- Bouton *Try Again*

Le bouton *Try Again* est illustré par une flèche représentant un retour en arrière, ce qui traduit bien l'idée de recommencer ou, selon la fonctionnalité particulière, proposer une nouvelle transcription ou une nouvelle réponse (figure 6-3).

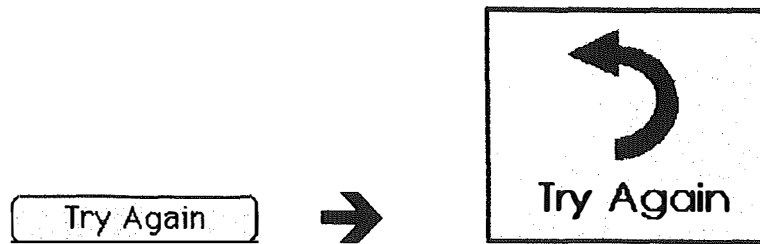


Figure 6-3. Adaptation du bouton *Try Again*

- Bouton *Solution*

Le bouton *Solution* qui, pour rappel, permet d'obtenir la solution du système est illustré par une ampoule illuminée puisque la connotation de bonne idée ou bonne réponse lui est traditionnellement associée (figure 6-4).

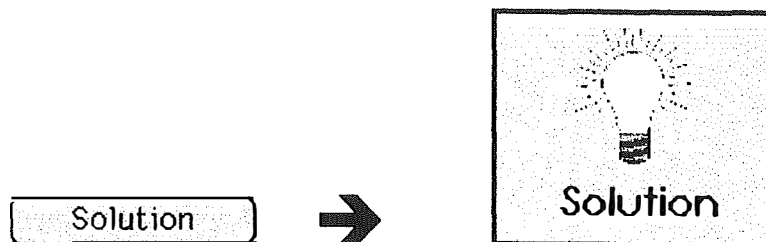
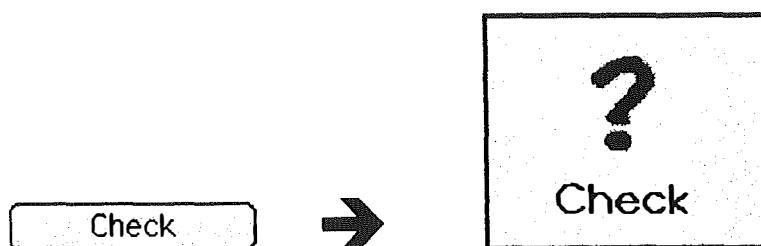


Figure 6-4. Adaptation du bouton *Solution*

- Bouton *Check*

Nous avons opté pour un point d'interrogation comme illustration graphique du bouton *Check* qui, pour rappel, a pour but de soumettre la réponse de l'utilisateur au système pour une correction (figure 6-5). Nous avons opéré ce choix étant donné l'interrogation quant à l'exactitude de la réponse que sous-entend la remise de celle-ci à un professeur .

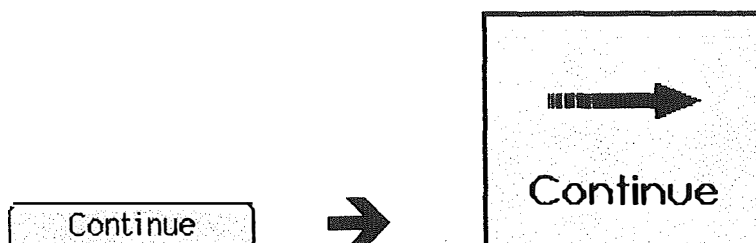
Le fait que le point d'interrogation soit souvent associé à un système d'aide ne pose pas de problème de confusion dans l'application étant donné qu'il n'en existe pas en ce moment.

Figure 6-5. Adaptation du bouton *Check*

Nous pensons utiliser également le bouton *Check* dans la fonctionnalité *Sign Recognition* de façon à obtenir une cohérence quant à la manière de soumettre une réponse dans un exercice de reconnaissance. Il sera donc employé conjointement au champ d'édition et en remplacement de la pression de la touche *RETURN*. Cela permet ainsi d'aider l'enfant à prendre conscience de la nécessité de la validation de sa réponse.

- Bouton *Continue*

Le bouton *Continue* est désormais illustré graphiquement par une flèche orientée vers la droite (figure 6-6). Nous avons décidé de ne pas représenter l'origine de la flèche de façon continue afin de symboliser un démarrage, le processus de reconnaissance d'un signe ou de traitement d'un problème constituant une sorte d'étape dans le déroulement de l'exercice.

Figure 6-6. Adaptation du bouton *Continue*

- Bouton *Replay Problem*

L'intitulé *Replay Problem* du bouton a été remplacé par *Play Problem* de manière à pouvoir utiliser, comme icône représentative, le triangle communément à celui qui se trouve sur les commandes d'un magnétoscope (figure 6-7). Notons que cette modification du libellé n'a aucune influence néfaste sur la compréhension de la fonction du bouton puisqu'il ne fait, en fin de compte, que déclencher une présentation du film de la traduction gestuelle.

Finalement, le problème est représenté par l'icône déjà évoquée du film contenant plusieurs paires de mains ("Les icônes doivent être cohérentes en utilisation, en présentation, en localisation, dans le dessin de leurs bords et de leurs autres éléments constitutifs" [VAN94]).

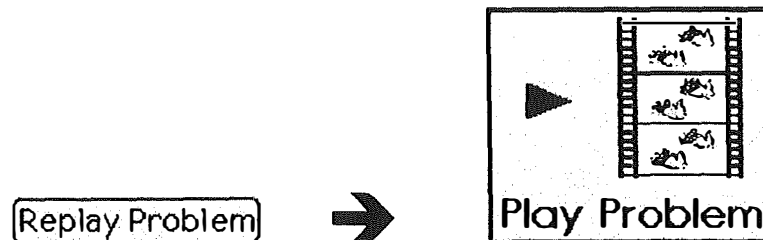


Figure 6-7. Adaptation du bouton *Replay Problem*

- Bouton *Replay Sign*

Le principe d'adaptation du bouton *Replay Sign* est le même que celui qui vient d'être évoqué pour le bouton *Replay Problem* (figure 6-8). Le libellé du bouton est désormais *Play Sign* et sa représentation graphique est celle d'un triangle, pour symboliser le *Play*, associée à celle de la paire de mains, se trouvant dans un cadre et désignant un signe.

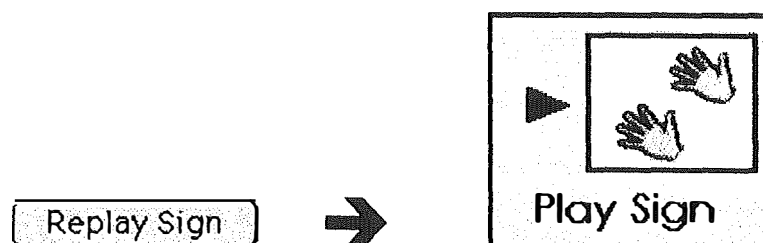


Figure 6-8. Adaptation du bouton *Replay Sign*

- Bouton *Replay*

Nous avons décidé de ne plus employer le bouton *Replay* et de lui substituer le bouton *Play Sign* de façon à ce qu'il n'y ait pas deux boutons différents pour exécuter des actions fort similaires. En effet, le bouton *Replay*, employé uniquement dans les fonctionnalités *Learning Signs* et *Sign Recognition*, se rapporte toujours à la présentation de la traduction gestuelle d'un signe. Cette modification permet d'éviter toute confusion possible de la part de l'utilisateur.

6.3.2. Adaptation des messages de correction

Dans cette sous-section, nous présentons la manière dont les messages de correction ont été adaptés. Pour éviter une présentation encombrée de ce document, nous n'incluons pas, cette fois, l'illustration des anciennes versions des messages dans les différentes figures. De toute manière, les libellés des messages sont conservés tels quels à l'exception de celui du message d'erreur dans la fonctionnalité *Problem Recognition* que nous avons uniformisé avec celui de la fonctionnalité *Sign Recognition*. Cela a pour conséquence que quatre types de messages de correction sont disponibles selon la situation. Nous n'expliquons que les dessins étant donné que les libellés l'ont déjà été dans le chapitre 4.

En cas de mauvaise réponse, le visage attristé de l'élève est entouré de pouces orientés vers le bas pour renforcer l'idée de réponse incorrecte (figure 6-9).

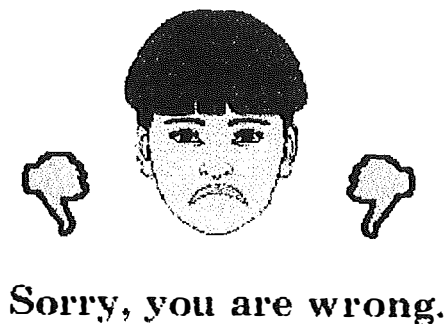


Figure 6-9. Nouveau message en cas de mauvaise réponse

Lorsque la solution est donnée par le système, le dessin représente le professeur entouré des pouces orientés vers le haut (figure 6-10). Nous avons utilisé l'image du professeur pour aider à distinguer ce message de celui fourni en cas de bonne réponse de la part de l'élève.

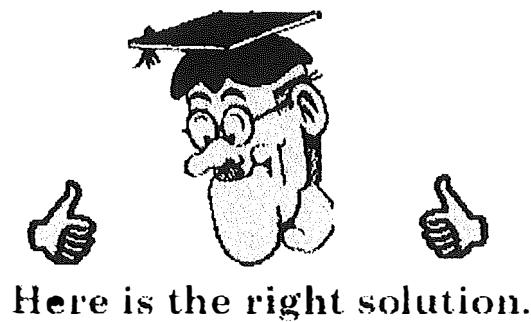


Figure 6-10. Nouveau message en cas de présentation de la solution par le système

Pour le cas d'une bonne réponse, le dessin est composé du visage souriant de l'élève entouré de pouces orientés vers le haut pour accentuer l'idée de la réponse correcte (figure 6-11).



Figure 6-11. Nouveau message en cas d'une bonne réponse

Finalement, le message signalant la fin de l'exercice est illustré par le même dessin que celui associé à la bonne réponse avec, en plus, une médaille en guise de récompense (figure 6-12).

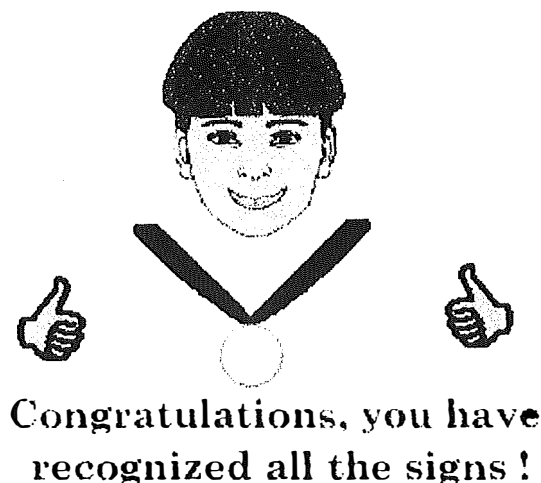


Figure 6-12. Nouveau message en fin de la fonctionnalité *Sign Recognition*

6.3.3. Adaptation des messages d'attention et d'arrêt

Dans cette sous-section, nous présentons la manière dont nous avons adapté les messages d'attention et d'arrêt.

Nous avons procédé de façon similaire pour les trois messages, quel que soit leur type : nous avons remplacé l'icône signalant le type du message par une autre illustrant son contenu et nous avons employé le nouveau bouton *OK*. Le libellé du message reste, quant à lui, inchangé. Nous avons opéré la substitution des icônes malgré la présence traditionnelle de celles représentant le type du message [APP93] en jugeant que l'utilisation des deux aurait rendu le message surchargé et que celles qui illustrent le contenu du message sont plus significatives dans ce cas.

Pour l'illustration du message d'attention *You have to click on the field before typing anything*, nous avons utilisé le dessin d'une souris sur un cadre symbolisant le champ d'édition (figure 6-13).

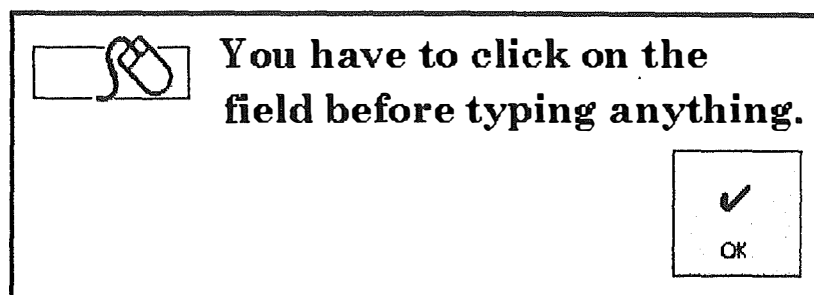


Figure 6-13. Nouveau message en cas d'introduction d'un mot lorsque le champ n'est pas actif

Le message d'arrêt *This word is not in the list* est désormais illustré au moyen d'un livre barré. Le livre ayant été associé au dictionnaire, cela fait bien comprendre que le mot n'y est pas présent et que la traduction gestuelle est donc indisponible (figure 6-14).

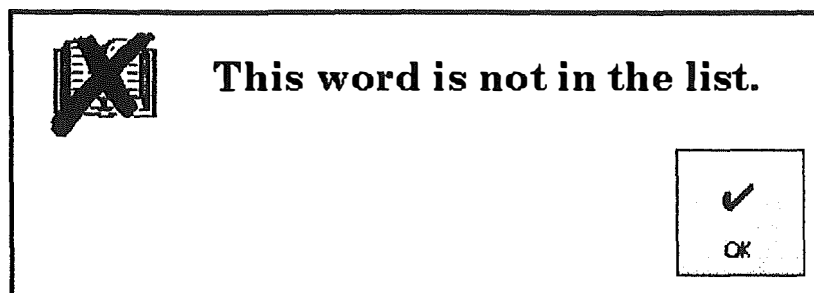


Figure 6-14. Nouveau message en cas d'introduction d'un mot non contenu dans le système

Nous avons représenté le message d'attention *You can choose 6 words at the most* par l'expression mathématique ' ≤ 6 ' (figure 6-15).

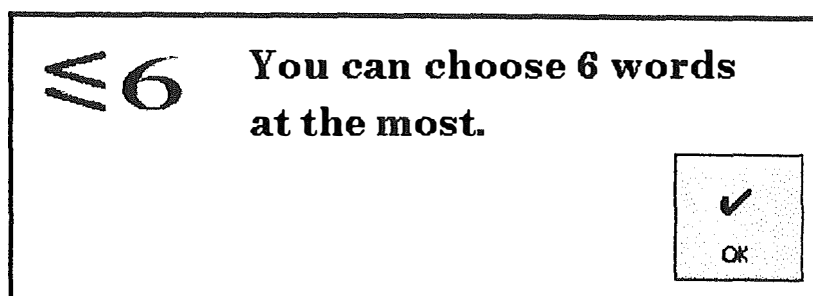


Figure 6-15. Nouveau message en cas de sélection d'un trop grand nombre de mots

6.3.4. Adaptation de l'information de guidage de l'utilisateur

En ce qui concerne l'information de guidage sur l'avancement de l'utilisateur dans un exercice, nous avons essayé de trouver une illustration permettant d'exprimer une progression par étapes. Etant donné l'occupation de l'écran, particulièrement lors de la présentation de la transcription de l'énoncé dans le *Problem Recognition*, ce nouveau dispositif de guidage est appelé à être situé en hauteur, sur la droite de celui-ci. Cette nécessité d'un objet vertical nous a tout naturellement menés au choix d'une échelle comportant respectivement 33 ou 10 échelons en fonction du nombre de signes ou de problèmes à traiter.

Pour nous conformer à l'idée de médaille, développée pour l'écran final des fonctionnalités *Sign Recognition* et *Problem Recognition*, nous avons imaginé mettre la représentation d'un podium au-dessus de l'échelle. De plus, la progression de l'enfant dans

l'exercice est illustrée par l'évolution de son visage sur les échelons. Nous n'avons pas réalisé, actuellement, les dessins en vue de ce changement.

6.4. Perspectives pour des évolutions futures

Dans cette dernière section, nous proposons, en guise de perspectives, des modifications qui nous paraissent intéressantes mais que nous n'avons pas pu développer, faute de temps. Elles concernent un système d'aide (sous-section 6.4.1.) et la présentation de démonstrations (sous-section 6.4.2.).

6.4.1. Constitution d'un système d'aide adapté

Malgré les illustrations graphiques introduites pour les divers éléments de l'interface, certains de ces derniers peuvent encore être mal compris par l'utilisateur. C'est la raison pour laquelle nous pensons qu'il est utile de développer un système d'aide permettant d'obtenir des informations sur un quelconque élément de l'interface.

Nous estimons qu'un système semblable au ballon d'aide (*Help Balloon*), utilisé par Mac, conviendrait particulièrement bien pour remplir cet objectif. Par exemple, le principe de fonctionnement de ce système pourrait être :

- cliquer sur un bouton déclencheur ;

L'activation du système d'aide se fait, à tout moment, par un clic sur un bouton prévu à cet effet. Une fois que le système est actif, le curseur est modifié de manière à signifier clairement le mode (aide au lieu d'exécution) en cours. Cette modification peut être caractérisée par l'adjonction d'un (petit) cadre avec la photo du professeur à l'intérieur.

- cliquer sur l'élément à propos duquel un renseignement est souhaité ;

Pour obtenir de l'aide à propos d'un élément de l'interface, il suffit de cliquer dessus. Cela a pour conséquence l'agrandissement du cadre à une taille suffisante pour permettre de distinguer l'explication signée par le professeur. Nous proposons d'activer la présentation de l'explication par un clic sur l'élément visé et non en positionnant simplement le curseur dessus, comme c'est le cas pour les ballons d'aide, étant donné que la vision des signes prend

un certain temps. Si nous suivons la pratique des ballons d'aide, des explications qui ne sont pas désirées pourraient être activées et retarder les actions de l'utilisateur, puisque les films présentant leur traduction gestuelle mettent du temps à se dérouler.

- cliquer sur un bouton déclencheur.

Pour quitter le mode d'aide, il suffit de cliquer une nouvelle fois sur le bouton déclencheur et le passage au mode exécution est confirmé par le changement de curseur qui reprend sa forme initiale.

6.4.2. Présentation de démonstrations

Pour remplacer les commentaires d'utilisation dans leur explication de la séquence des actions à poser, les démonstrations nous semble être tout indiquées. Une démonstration serait prévue par fonctionnalité et la décision de sa présentation serait laissée à l'utilisateur de manière à ne pas gêner celui qui connaît l'application et qui n'en a donc pas besoin.

Il faudrait revoir plus profondément la question du moment de disponibilité de ces démonstrations : en permanence ou au lancement de chaque fonctionnalité. Dans l'hypothèse où la démonstration est disponible tout le temps, elle devrait être activée par un bouton spécifique ; cela pourrait conduire à une trop forte densité dans l'occupation de l'écran. Par contre, si elle est proposée uniquement en début de fonctionnalité, jugeant que le système d'aide est suffisant pendant l'exécution, elle peut l'être dans une boîte de dialogue au lancement et ne pas nécessiter de place particulière à l'écran. L'utilisateur aurait alors, dans cette boîte, deux boutons qui lui permettrait d'accepter ou de refuser la démonstration. A moins d'envisager une réorganisation complète de l'interface, nous pensons, de prime abord que la deuxième alternative est la plus favorable.

Nous n'avons pas envisagé de rendre ces démonstrations disponibles lors du premier écran, en estimant que ce sont des informations sur le but des fonctionnalités qui sont nécessaires à ce niveau et non pas sur la façon de les utiliser. C'est donc le système d'aide qui est concerné à ce moment particulier.

Chapitre 7 : Réflexion méthodologique

Dans ce chapitre, nous soulignons, dans un premier temps, le cas particulier de notre application quant à l'identification d'une méthodologie de développement (section 7.1.). Cette précision étant faite, nous tentons ensuite de mettre en évidence une méthodologie appropriée (section 7.2.).

7.2. Présentation du cas particulier de notre application

Dans l'optique de la détermination d'une méthodologie de développement d'un logiciel d'aide à l'enseignement destiné aux enfants à déficience auditive, nous présentons, dans cette section, les deux types de particularités que nous avons rencontrées dans notre expérience :

- le cadre du développement ;

Il est possible d'identifier plusieurs types de particularités dans le cadre du développement de notre application.

Tout d'abord, il convient de rappeler qu'elle est destinée à un nombre réduit d'utilisateurs, tous élèves d'un même professeur, lui-même sourd. Malgré cette facilité apparente, nous n'avons pas eu l'occasion de les intégrer dans le processus de développement. Nous avons, en effet, eu essentiellement des contacts avec leur enseignant qui n'était, en fait, que leur représentant. Nous avons donc fait face à deux types d'interlocuteurs : les utilisateurs à proprement parler, à savoir les enfants, et le client, c'est-à-dire le professeur.

De plus, lors de ces brèves réunions, nous ne pouvions communiquer avec lui que par l'intermédiaire de divers interprètes. La directrice de l'école traduisait les propos du professeur, de la langue des signes en suédois, et le maître de stage nous résumait le tout en anglais. Il était, dès lors encore plus difficile de comprendre ce que le professeur attendait exactement de nous.

Enfin, la seule évaluation de l'application que nous avons eu l'occasion de réaliser ne l'a même pas été avec les élèves concernés, mais avec ceux d'un autre professeur et, de plus, à la fin même du développement de celle-ci.

- la technologie utilisée.

Une autre particularité vient du logiciel que nous avons utilisé (pour rappel, Macromedia Director 4.0). En effet, celui-ci propose des objets interactifs dont le comportement est prédéterminé, ce qui nous a empêchés de le modifier par programmation.

7.3. Détermination d'une méthodologie appropriée

Dans cette section, nous commençons par évaluer plusieurs méthodologies présentées dans [DEF95], par rapport à notre expérience (sous-sections 7.3.1., 7.3.2. et 7.3.3.). Nous terminons en proposant celle qui nous semble la plus adaptée dans le type de développement auquel nous avons été confrontés (sous-section 7.3.4.).

7.3.1 Modèle de la cascade

Le modèle de la cascade permet de réaliser un projet de façon continue, à partir d'un cahier des charges bien établi. Les étapes de ce processus sont, pour rappel, la spécification, la conception, l'implémentation et les tests.

Ce modèle ne prévoit des contacts avec le client qu'en début et fin de déroulement. Cela nécessite, de sa part, une parfaite connaissance de ses objectifs ainsi qu'une grande capacité à les exprimer clairement.

Il est reconnu, dans la pratique, qu'établir un bon cahier des charges est une chose difficile pour un client. Nous avons d'ailleurs pu le vérifier par nous-mêmes : le professeur a fait preuve de manque de précision, de disponibilité, de décision,...

De plus, le fait que le client ne soit contacté qu'en début et fin de développement a pour conséquence que les éventuels problèmes sont découverts tardivement et que les modifications qu'ils nécessitent peuvent toucher toutes les étapes.

C'est la raison pour laquelle nous considérons que ce modèle est insatisfaisant pour le type de notre application, particulièrement en fonction de son haut niveau d'interactivité.

7.3.2. Approche par prototypage

Après établissement et précision du cahier des charges, l'approche par prototypage consiste à réaliser le développement de manière itérative. A chaque étape, le client est consulté pour la validation de ce qui a déjà été fait.

Cette approche est intéressante dans le sens où le développeur est en rapport constant avec le client. De plus, elle est "conseillée lorsque celui-ci ne sait pas très bien ce qu'il veut (*I'll know what I want when I see it*) et lorsque le rôle joué par les interfaces est primordial" [DEF95].

Seulement, ce processus itératif risque de laisser une trop grande part à l'indécision, et donc de générer une perte de temps considérable.

Dans notre cas, cette approche n'est pas adéquate non plus étant donné le degré d'indécision du professeur que nous avons déjà mentionné dans la section 7.2.

7.3.3. Méthodologie alternative

Suite à la présentation du modèle de la cascade et de l'approche par prototypage qui vient d'être faite, il nous semble qu'une méthodologie plus appropriée combinerait la rigueur du premier et le contact avec le client de la seconde.

La méthodologie utilisée pour le développement de la borne interactive Télémaque dans [DEF95] paraît répondre à ces caractéristiques (figure 7-1).

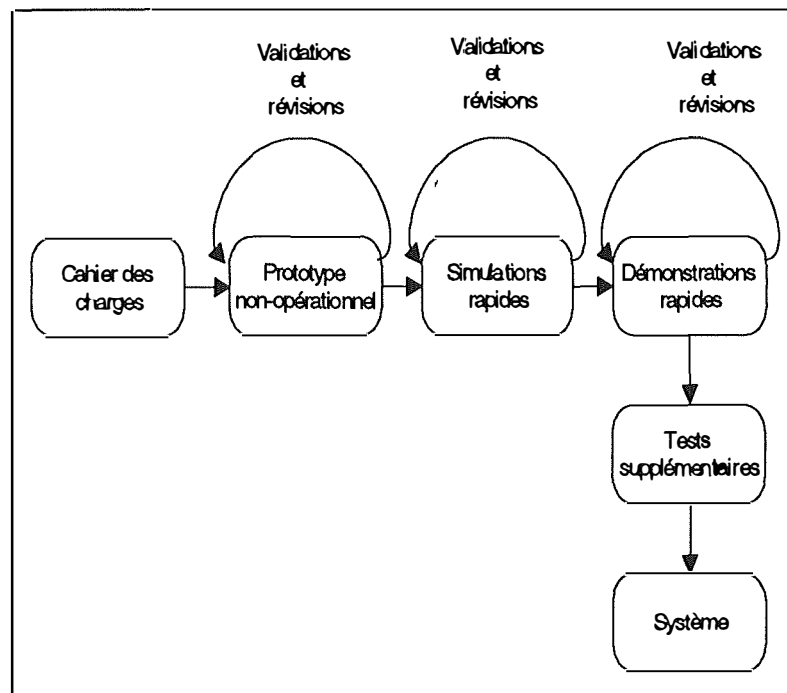


Figure 7-1. Méthodologie utilisée pour le développement de la borne interactive Télémaque

Nous analysons à présent les différentes étapes de cette méthodologie pour déterminer dans quelle mesure elles peuvent être appliquées dans notre cas :

- Cahier des charges ;

Le cahier des charges, en tant que point de départ incontournable de tout projet informatique, se trouve naturellement au début de cette méthodologie.

- Prototype non-opérationnel ;

L'étape de prototype non-opérationnel consiste à concevoir, de manière itérative, la séquence d'écrans du prototype et permet une première critique ainsi qu'une précision des besoins par le client.

Dans le cadre de notre application, nous considérons que cette étape doit être effectuée aussi bien avec les utilisateurs qu'avec le client. En effet, nous estimons que les problèmes de compréhension de l'interface que les enfants ont rencontrés dans l'application que nous avons développée sont dus, en grande partie, à la non utilisation de cette étape. Si nous avions pu exécuter cette étape, lors de réunions intermédiaires avec eux, nous aurions pu nous rendre compte de leurs difficultés et donc y remédier beaucoup plus rapidement, de manière à repartir sur de bonnes bases.

- Simulations rapides ;

Par les simulations rapides, il est possible, pour le client et/ou l'utilisateur, de tester l'enchaînement des écrans et la réaction du programme à ses propres actions.

Cette étape nous aurait également été profitable dans le développement de notre application puisqu'il s'est avéré que les enfants ont éprouvé des difficultés à saisir l'enchaînement des actions à poser. C'est, de nouveau, le fait de recourir tôt à ce test qui nous semble particulièrement important.

- Démonstrations rapides ;

Ensuite, vient l'étape de démonstrations rapides qui a pour but de réaliser des tests à plus grande échelle portant sur le temps de réponse du programme, en fonction de l'implémentation.

Dans le cas particulier de l'utilisation du logiciel Director, cette étape est peu significative étant donné que, comme nous l'avons dit dans la section 7.2., le comportement des éléments de Director est prédéterminé et donc non modifiable. En conséquence, ces démonstrations rapides ne nous auraient été d'aucune utilité au cours de notre développement.

Néanmoins, avec une autre technologie de développement, permettant la paramétrisation de l'application, cette étape nous semble tout à fait justifiée, puisque l'aspect interactif de l'application nécessite un temps de réponse le plus court possible. Une telle paramétrisation permettrait la recherche du mode de traitement le plus efficace du point de vue du temps de réponse.

- Tests supplémentaires.

Les tests supplémentaires visent à s'assurer une dernière fois de la correspondance entre l'application, une fois implémentée, et l'attente que le client en avait. Une fois ceux-ci terminés, ils donnent lieu au système proprement dit.

Il s'agit, en réalité, de la seule étape que nous avons été en mesure de mettre en œuvre pour notre application, en dehors des développements, bien sûr. Il nous semble naturellement important de tester une dernière fois l'application avant de la livrer définitivement au client, de manière à éviter, autant que possible, des opérations de maintenance ennuyeuses, tant pour le développeur que pour l'utilisateur.

7.3.4. Méthodologie proposée

Suite aux différentes méthodologies que nous venons de présenter, nous proposons dans cette section celle qui nous semble appropriée pour le développement d'une application d'aide à l'enseignement destiné aux enfants à déficience auditive.

Comme l'application que nous avons développée concerne une aide à l'enseignement, il s'agit de prendre en considération deux types de personnes dans le développement : les enfants, véritables utilisateurs, et le professeur, le client. En réalité, des domaines différents sont à envisager en fonction de la personne à laquelle nous nous adressons :

- avec les enfants, ce sont les problèmes de compréhension (de l'interface et de l'enchaînement des actions) et de convivialité qui sont à discuter ;
- avec le professeur, ce sont les questions de pédagogie qui sont à traiter (la façon de gérer l'apprentissage).

Si le professeur est à même, par formation, de discuter des problèmes de compréhensibilité de l'interface pour les enfants, il est évident que ces derniers n'ont rien à décider en matière d'organisation de l'instruction.

Comme nous l'avons déjà signalé, c'est la coexistence entre la rigueur du cahier des charges et des spécifications, propres au client, et, surtout, l'intégration de l'utilisateur dans le processus de développement qui nous paraît primordiale pour la réalisation d'une application quelle qu'elle soit et particulièrement d'une comme la nôtre. L'implication de l'utilisateur est d'autant plus importante que l'application réalisée est interactive.

Ces remarques nous amènent à considérer qu'il faut, dans le cas du développement d'une application d'aide à l'enseignement, prendre en compte un modèle pour les enfants et un autre pour le professeur ou pédagogue. Les prescriptions pédagogiques du professeur constituant la base autour de laquelle est appelée à se construire l'interface, les deux modèles ne peuvent donc se dérouler en parallèle : celui qui concerne le professeur doit nécessairement commencer avant celui qui est propre aux enfants. La figure 7-2 illustre la méthodologie que nous proposons.

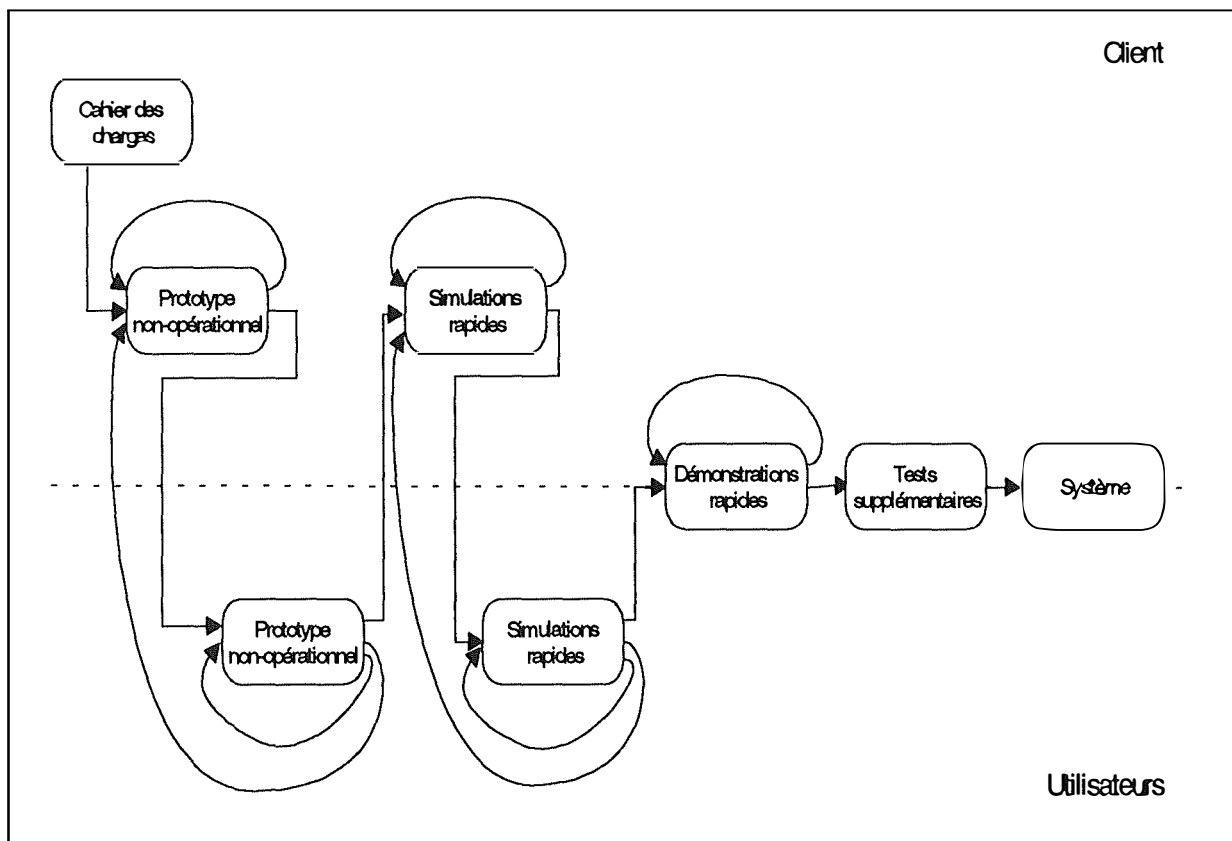


Figure 7-2. Méthodologie proposée

Nous y distinguons deux zones : la première est réservée au client et est propre au fonctionnement de l'application alors que la seconde concerne les utilisateurs et la compréhension de celle-ci. Cette méthodologie constitue une extension de la méthodologie alternative de [DEF95] et comprend donc les étapes suivantes :

- **Cahier des charges** ;

Le cahier des charges, première étape de la méthodologie, constitue un échange entre le développeur et le client uniquement.

C'est le moment au cours duquel chaque interlocuteur prend en considération les besoins et capacités de l'autre pour déterminer de la façon la plus fidèle et la plus rigoureuse possible ce qui est à réaliser.

- Prototype non-opérationnel ;

Il s'agit, dans cette étape, de présenter d'abord le prototype non-opérationnel au client. Celui-ci peut ainsi dire s'il correspond à ses attentes et s'il poursuit, de par la séquentialité des écrans, le but qui a été prédéfini.

Une fois que les désirs semblent satisfaits, le prototype obtenu est présenté aux utilisateurs pour en tester la compréhensibilité. Comme il s'agit d'enfants sourds et que le prototype est non-fonctionnel et donc plus abstrait, nous pensons qu'il est plus opportun de s'adresser aux plus avancés. Par ailleurs, nous jugeons utile de leur proposer plusieurs types d'interfaces dès cette étape pour ainsi déterminer celui auquel ils portent le plus d'intérêt.

En cas de découverte de problèmes, le prototype peut être revu soit par les utilisateurs, soit par le client.

- Simulations rapides ;

L'interaction entre les niveaux client et utilisateurs en ce qui concerne les simulations rapides se déroule comme dans l'étape précédente.

Nous précisons uniquement que ces simulations s'adressent à un échantillon plus représentatif d'utilisateurs (de tout âge et de tout niveau) de manière à ce que le plus grand nombre possible de problèmes, au niveau de l'enchaînement des écrans, soit détecté. Elles permettent donc de déterminer les besoins des utilisateurs à propos du système d'aide.

- Démonstrations rapides ;

C'est à partir des démonstrations rapides que l'évaluation est réalisée, simultanément avec le client et les utilisateurs. Celles-ci permettent de tester l'efficacité de l'application au niveau du fonctionnement et de l'apprentissage.

- Tests supplémentaires.

Les tests supplémentaires, effectués avec le client et les utilisateurs, portent sur le dernier prototype de l'application pour assurer la correspondance avec les attentes de départ et l'atteinte des objectifs pédagogiques. Une fois qu'ils fournissent des résultats satisfaisants, le système est au point.

Conclusion

Le domaine de notre mémoire était le développement d'une application multimédia d'aide à l'enseignement destiné aux enfants à déficience auditive. Le but ultime de cette application était l'enseignement de signes relatifs à des mots ou expressions rencontrés dans des problèmes mathématiques.

Dans la partie I, nous avons abordé, dans un premier temps, la problématique de la déficience auditive. De cette façon, nous avons dressé une perspective historique de la condition des personnes à déficience auditive et une présentation générale de ce handicap. Ensuite, nous nous sommes particulièrement intéressés aux divers modes de communication et aux possibilités d'enseignement qui sont disponibles pour ces personnes. Cela nous a permis de mettre en évidence certains points importants pour l'adaptation de l'application : la difficulté éprouvée par les enfants à déficience auditive par rapport aux concepts abstraits et l'importance de la coexistence des langues écrite et orale pour eux.

Dans un second temps, nous avons montré, par différents exemples de projets, l'importance de l'apport de l'informatique dans le domaine de la déficience auditive. Nous y avons retenus trois grands types de contribution de l'informatique : l'aide à l'apprentissage de la parole, l'aide à la communication et le dictionnaire des signes. C'est dans ce troisième domaine que peut être classée l'application que nous avons développée.

Nous nous sommes consacrés à tout ce qui concerne l'application dans la partie II : sa spécification, sa description fonctionnelle et ergonomique, son évaluation, son adaptation et l'établissement d'une méthodologie de développement.

L'évaluation de cette application, nous a, tout d'abord, permis de mettre en évidence de véritables difficultés de compréhension éprouvées par les enfants, que ce soit au niveau des messages présentés en langage écrit ou de l'enchaînement des actions.

Nous y avons donc apporté plusieurs modifications de manière à rendre sa compréhension et son utilisation plus abordables aux enfants. Après avoir considéré plusieurs possibilités, nous avons décidé d'associer une représentation graphique (une icône) à toute information écrite afin d'en garantir une meilleure interprétation. Cela nous a donc conduits à remplacer les boutons de commandes par des boutons graphiques et à adapter les messages de

correction, d'attention ou d'arrêt. De plus, ces icônes permettent de rendre la présentation de l'application plus conviviale. A côté de ces adaptations que nous avons opérées, nous avons suggéré, en guise de perspectives, des principes qui nous semblaient opportuns, toujours dans le but de rendre l'application plus accessible aux enfants. Il s'agit d'un système d'aide basé sur le principe du *ballon d'aide* et de la présentation de démonstrations ; ils permettraient, à notre avis, d'améliorer la compréhension, respectivement, de l'interface et de l'enchaînement des fonctions.

Finalement, nous nous sommes livrés à quelques réflexions méthodologiques. Nous avons, tout d'abord, examiné l'opportunité de l'utilisation de certaines méthodologies présentées dans [DEF95] afin de déterminer dans quelle mesure elles peuvent être employées dans le domaine que nous avons couvert. Nous avons ensuite proposé la méthodologie qui nous a semblé la plus appropriée pour le développement d'une application multimédia d'aide à l'enseignement destiné aux enfants souffrant de déficience auditive.

Bibliographie

- [APP93] Apple Computer, Inc., *Macintosh Human Interface Guidelines*, Addison Wesley, 1993.
- [BAR92] M.-L. Bargues, *Mal entendre au quotidien*, Editions Odile Jacob, Paris, Mars 1992.
- [BOD93] F. Bodart, Y. Pigneur, *Conception assistée des systèmes d'information : Méthode-Modèles-Outils*, 2e édition, Masson, Paris, 1993.
- [BOT93] H.-H. Bothe, F. Rieger, "Computer-Animation for Teaching Lipreading", ECART 2, Sweden, 1993, p. 4.4.
- [DEF95] A. Deflorenne, P. Mathot, *Conception et réalisation d'une borne interactive multimédia*, FUNDP, Institut d'Informatique, Namur, mémoire présenté en 1995.
- [DEG95] J. Deghouys, F. Thise, *Utilisation du multimédia dans le réapprentissage*, FUNDP, Institut d'Informatique, Namur, mémoire présenté en 1995.
- [DEH65] De Haerne (le chanoine), *De l'enseignement spécial des sourds-muets, considéré, dans les méthodes principales, d'après la tradition et le progrès*, Victor Devaux et Cie, Bruxelles, 1865.
- [FRI93] N. Frishberg, S. Corazza, L. Day, S. Wilcox, R. Schulmeister, "Sign Language Interfaces", INTERCHI '93, Amsterdam, 1993, pp. 194-197.
- [KAM93] K. Kamata, "Sign langage conversation through videophone in ISDN service", ECART 2, Sweden, 1993, p. 28.2.
- [LAB94] E. Laborit, *Le cri de la mouette*, Editions Robert Lafont S.A., Paris, 1994.
- [LEP96] Ch. Lepot-Froment, N. Clerebaut, *L'enfant sourd, communication et langage*, De Boek Université, Bruxelles, 1996.
- [NEV85] F.-X. Nève, *La langue des signes dans la formation et l'intégration de la personne sourde*, Promotion du langage gestuel pour sourds, a.s.b.l., 1985.
- [NEV90] F.-X. Nève, F. François, *Les mains qui parlent : la langue des signes des personnes sourdes*, Maison de la Science, Liège, 1990.
- [NOI94a] M. Noirhomme-Fraiture, L. Goffinet, C. Charrière, "Evaluation of Ergolab", 4th ICCPHP, Vienna, Sept. 14-16, 1994.

- [NOI94b] M. Noirhomme-Fraiture, L. Goffinet, "Evaluation de logiciels pour personnes handicapées", Hantepsycom, Bütgenbach, 17-19 mars 1994, pp. 1-11.
- [OHK94] M. Ohki, H. Sagawa, T. Sakiyama, E. Oohira, H. Ikeda, H. Fujisawa, "Pattern Recognition and Synthesis for Language Translation System", The First Annual ACM Conference on Assistive Technologies, 1994, pp. 1-8.
- [OHK95] M. Ohki, "The sign language telephone", ?, 1995, pp. 391-395.
- [PRE94] J. Preece, Y. Rogers, H. Sharp, D. Benyon, S. Holland, T. Carey, *Human-Computer Interaction*, Addison-Wesley, 1994.
- [ROO95] E. Rooney, M. Jack, J.-P. Lefèvre, A. Sutherland, "Project 1060 'HARP' A speech training aid for the hearing-impaired", The European context, proceedings of the 2nd TIDE Congress, Paris, 26-28 April 1995.
- [VAN94] J. Vanderdonckt, *Guide ergonomique des interfaces homme-machine*, Presses Universitaires de Namur, 1994.

Précision de la bibliographie

- [OHK95] M. Ohki, H. Sagawa, N. Hataoka, H. Fujisawa, "The sign language telephone", Proceedings of the 7th World Telecommunication Forum, TELECOM'95, 1995, pp. 391-395.